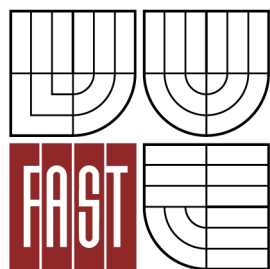




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

## HYDRAULICKÁ OPTIMALIZACE HORIZONTÁLNÍHO LAPÁKU PÍSKU

HYDRAULIC OPTIMIZATION OF HORIZONTAL SAND CATCHER

*DIPLOMOVÁ PRÁCE*

MASTER'S THESIS

*AUTOR PRÁCE*

AUTHOR

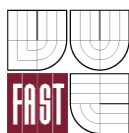
*Bc. ROSTISLAV KULIČKA*

*VEDOUCÍ PRÁCE*

SUPERVISOR

*Ing. MICHAL KRIŠKA, Ph.D.*

BRNO 2012



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav vodního hospodářství krajiny

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Diplomant</b>	Bc. Rostislav Kulička
<b>Název</b>	Hydraulická optimalizace horizontálního lapáku písku
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	Ing. Michal Kriška, Ph.D.
<b>Datum zadání diplomové práce</b>	31. 3. 2011
<b>Datum odevzdání diplomové práce</b>	13. 1. 2012

V Brně dne 31. 3. 2011

.....  
prof. Ing. Miloš Starý, CSc.  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **Podklady a literatura**

- 1) JANDORA, J.; ŠULC, J. Hydraulika. Fakulta stavební, VUT v Brně. 2006. 178s.
- 2) JANDORA, J.; STARA, V.; STARÝ, M. Hydraulika a hydrologie. Fakulta stavební, VUT v Brně, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno. 2002. 186s. ISBN 80-214-2204-1.
- 3) JANDORA, J., HLAVÍNEK, P. Hydraulika čistíren odpadních vod. 1996. 170s. ISBN 80-86020-04-5.
- 4) ŠÁLEK, J., TLAPÁK, V.: Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod, Praha 2006, 283 s., ISBN 80-86769-74-7
- 5) ŠÁLEK, J., ŽÁKOVÁ, Z., HRNČÍŘ, P.: Přírodní čištění a využívání vody Brno: ERA, 115 s. ISBN 978-80-7366-125-0

## **Zásady pro vypracování**

Náplní práce je hydraulická optimalizace horizontálních lapáků písku. Zaměření práce bude zejména na prefabrikované výrobky, které ve většině případů slouží pro čištění odpadních vod obcí, napojených na kořenovou čistírnu odpadních vod. Laboratorní práce, probíhající v laboratořích ÚVHK, započnou v květnu 2011, po ověření v laboratorních a potom v provozních podmínkách (na vytipované čistírně) bude vytvořen metodický postup pro rekonstrukci stávajících lapáků písku.

## **Předepsané přílohy**

- 1) Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací
- 2) Metodický postup "Rekonstrukce prefabrikovaného horizontálního lapáku písku"

.....

Ing. Michal Kriška, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

## **Abstrakt**

Práce je zaměřena na vývoj systému regulace průtočné plochy v typizovaném horizontálním lapáku písku, který se v rámci České republiky používá na většině kořenových čistíren odpadních vod pro zachycení pevných minerálních částic.

Cílem práce je vývoj a ověření funkce regulátoru, zajišťujícím rovnoměrnější průběh usazování minerálních částic, resp. redukci sedimentace organické složky. Samotnému návrhu předchází matematický popis prostřednictvím programu HEC-RAS, jehož výsledky jsou aplikovány při návrhu laboratorního modelu.

Práce teoreticky zpracovává typizovanou řadu lapáků písku, zaměřuje se na srovnání potřebné doby zdržení odpadní vody v sedimentačním prostoru s dobou usazování zrna písku o vybrané průměru 0,8 mm.

V laboratorních podmínkách bylo realizováno sestavení samotného modelu lapáku písku, stejně jako vyvíjeného regulačního prvku. Po konstrukčním vyřešení bylo provedeno měření a porovnání výsledků s ideálním stavem.

Pro uvedení regulátoru do praxe, kdy je plánována aplikace na kořenové čistírně odpadních vod v Dražovicích, bude nutné co nejpřesnější nastavení regulátoru.

## **Klíčová slova**

Odpadní voda, kořenová čistírna odpadních vod, typizovaný horizontální lapák písku, Thomsonův přeliv, plovákový regulátor průtočné plochy, sedimentace

## **Abstract**

This work is focused on the development control system flow area in a standardized horizontal sand trap in the Czech Republic used the majority of constructed wetlands for the capture of solid mineral particles.

The goal is the development and validation functions of the flow regulator, providing more uniform process of establishment of mineral particles, respectively. reduction of sedimentation of organic components. The actual design precedes the mathematical description through the HEC-RAS, the results are applied in the design of a laboratory model.

Work processes theoretically the standardized sand traps, focuses on the comparison of the required residence time of wastewater in the sedimentation area of establishment with the sedimentation time of sand grain on the selected diameter of 0.8 mm.

In laboratory conditions were carried out build sand trap model itself, as well as developed a regulatory element. After resolving structural measurements were taken and compared the results with the ideal state.

For putting the controller into practice, when an application is planned at the constructed wetlands in Dražovice village, it will have to the most accurate setting of the regulator.

## **Keywords**

Waste water, constructed wetland, standardized horizontal sand trap, Thomson weir, float controller flow, sedimentation

### **Bibliografická citace VŠKP**

KULIČKA, Rostislav. *Hydraulická optimalizace horizontálního lapáku písku*. Brno, 2011. 138 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Michal Kříška, Ph.D.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně, a že jsem uvedl všechny použité, informační zdroje.

V Brně dne 5.1.2012

.....

podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu diplomové práce, Ing. Michalu Kriškovi Ph.D., za podnětné připomínky, návody a hlavně za vstřícný přístup, který projevil při konzultacích a zpracování této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům za podporu během celého studia.

## Obsah

1	Úvod a cíle diplomové práce .....	11
1.1	Úvod .....	11
1.2	Cíle diplomové práce.....	12
2	Odpadní voda.....	13
2.1.1	Množství odpadní vody.....	14
3	Čištění odpadních vod v ČR .....	15
3.1	Schéma mechanicko-biologické ČOV .....	15
3.1.1	Mechanické (primární) čištění .....	15
3.1.2	Biologické (sekundární) čištění.....	16
3.1.3	Terciární čištění.....	16
3.2	Kořenové čistírny odpadních vod.....	16
3.2.1	Funkčnost kořenových čistíren .....	17
3.2.2	Výhody a nevýhody KČOV .....	20
4	Lapák písku na ČOV.....	22
4.1	Množství a složení písku v odpadní vodě .....	23
4.2	Typizovaný LPŠ .....	25
4.3	Popis technologie KČOV .....	25
4.4	Stavební popis KČOV Dražovice.....	26
4.5	Technologický popis KČOV Dražovice.....	27
4.6	Měření průtoků na KČOV .....	28
5	Laboratorní model s regulátorem.....	33
5.1	Sestavení modelu.....	34
5.2	Měření průtoků v laboratoři .....	41
5.3	Stanovení nejistot měření .....	42
5.3.1	Postup vyhodnocení nejistot při měření a kalibracích .....	43
5.3.2	Dělení typu nejistot .....	43



5.3.3	Výpočet nejistoty typu A .....	43
5.3.4	Výpočet nejistoty typu B.....	44
5.3.5	Kombinovaná standardní nejistota.....	47
5.3.6	Rozšířená standardní nejistota U.....	47
5.3.7	Výklad - Standardní a rozšířená nejistota .....	47
5.3.8	Shrnutí postupu výpočtu nejistoty.....	49
5.4	Regulátor průtočné plochy .....	53
5.5	Konstrukční řešení regulátoru .....	56
6	Zpracování a vyhodnocení výsledků .....	58
6.1	Teoretické výsledky .....	58
6.1.1	Teoretické výsledky LPŠ480 .....	61
6.1.2	Průtokové parametry LPŠ480 se zapojením regulátoru.....	67
6.1.3	Teoretické výsledky LPŠ600 .....	69
6.1.4	Teoretické výsledky LPŠ900 .....	75
6.1.5	Teoretické výsledky LPŠ1200 .....	80
6.2	Laboratorní výsledky.....	85
7	Matematický model .....	92
7.1	Ostrohranný přeliv.....	92
7.1.1	Výpočet přepadu přes ostrou hranu, Bazinův přeliv.....	96
7.2	Stručný popis HEC-RAS verze 4.0 .....	99
7.2.1	Koryto v místě přelivu zúžené na 0,05 m .....	100
7.2.2	Koryto v místě přelivu zúžené na 0,1 m .....	105
7.2.3	Koryto v místě přelivu zúžené na 0,15 m .....	110
7.2.4	Koryto v místě přelivu zúžené na 0,20 m .....	115
7.2.5	Koryto v místě přelivu zúžené na 0,25 m .....	120
7.2.6	Koryto v místě přelivu zúžené na 0,30 m .....	125
7.2.7	Koryto v místě přelivu je bez zúžení (0,63 m).....	130

8	Závěr .....	135
9	Aplikace .....	136
10	Zdroje informace.....	137
10.1	Použité zdroje .....	137
10.2	Internetové zdroje.....	138

# 1 Úvod a cíle diplomové práce

## 1.1 Úvod

V současné době je ve většině případů snižena účinnost KČOV způsobena špatným návrhem mechanicko-biologického stupně předčištění, nevhodnou velikostí a tvarem filtračního pole kořenové čistírny aj. Nezbytnou součástí KČOV i ZF je kvalitní mechanické čištění, které tvoří pro nejmenší producenty septik, pro větší producenty potom soustava jemné česle - lapák písku - lapák tuků a olejů - usazovací nádrž. U jednotné stokové sítě je nezbytné kvalitní oddělení srážkových vod a zabezpečení možnosti automatické regulace přítoku odpadní vody na čistírnu.

K základním požadavkům na předčištění odpadních vod patří (Šálek - Tlapák, 2006):

- nutnost zachycení podstatného množství suspendovaných látek na sítu (sítovém koši, velmi jemných česlích;
- zachycení tuků a olejů u vtoku do septiku soustavou norných stěn;
- vysoká schopnost zařízení poutat většinu usazovaných látek;
- dostatečná stabilizace kalu;
- účelné zařízení umožňující snadné odkalování.

Podrobné poznatky z výzkumu problematiky mechanického předčištění uvádějí (Rozkošný - Křiška - Šálek, 2010). V rámci KČOV na území České republiky ve většině případů chybí lapáky tuků a olejů. Nezachycené tukové částice se dostávají na filtrační pole, kde způsobují obtížně odstranitelné zakolmatování. Tato zařízení považujeme za nezbytná.

Během procesu čištění odpadních vod je proces vedoucí k vyčištění odpadní vody rozdělen dle následujícího postupu: nejprve je potřeba oddělit vysoké dešťové průtoky na jednotné dešťové kanalizaci (odlehčovací komora), následuje separace nejhrubších nečistot a částic písku (hrubé česle a lapák písku), na kterou navazuje usazení většiny nerozpuštěných látek (usazovací nádrž). Za mechanickým předčištěním následuje hlavní čistící stupeň, ať už se jedná o biologickou čistírnu odpadních vod (ČOV) nebo filtrační prostředí kořenové čistírny odpadních vod (KČOV).

Regulátor průtočné plochy pro horizontální lapáky písku je zařízení, které zlepší funkci horizontálního lapáku písku, který je v současné době řešen pouze jako pevná konstrukce (betonová konstrukce doplňovaná dřevěnými prvky a železnými doplňky).

Typizovaná řada horizontálních štěrbinových lapáků písku bude doplněna o jednoduché zařízení, které bude podle velikosti přítoku odpadní vody automaticky regulovat hladinu přelivu na odtoku z lapáku písku. Tímto bude docházet k plynulé změně průtočné plochy, tzn. postupné regulaci doby zdržení, potažmo doby potřebné k usazení vybraného zrna písku.

## **1.2 Cíle diplomové práce**

Mezi jednotlivé cíle této diplomové práce patří započetí projektu TR-TI3/778 pod názvem „Čištění odpadních vod v integrovaném biotechnologickém systému“. Řešení nedostatků, které většina v současné době fungujících kořenových čistíren odpadních vod do 1000 EO mají. Jedním z nich je vyřešení funkčnosti horizontálního štěrbinového lapáku písku a následná problematika kolmace filtračního materiálu ve vztahu k životnosti filtračního prostředí.

## 2 Odpadní voda

Odpadní voda je veškerá voda, která byla použita v domácnostech, zemědělství a průmyslu a při tom změnila svoje vlastnosti – fyzikální např. teplota, chemické např. pH. Hlavně pokud by mohla ovlivnit jakost povrchových nebo podzemních vod (Hlavínek – Prax – Hlušík - Mílek, 2006).

Dělení odpadních vod:

- splaškové – vody pocházející z domácností a odváděné kanalizací,
- průmyslové – jsou různého složení (např. odpadní vody chemických závodů, hutních provozů, rafinerií ropy, papíren, potravinářského průmyslu),
- infekční,
- ze zemědělství a zemědělské výroby,
- dešťové – dešťové povrchové vody,
  - smíšené odpadní vody,
- ostatní odpadní vody.

Způsoby čištění odpadních vod:

- Mechanické – používají se síta, lapače, sedimentační nádrže (chem. pojmy - dekantace), pískové filtry, odstředivky.
- Chemické – využívají se srážecí reakce, neutralizace kyselin a zásad, extrakce, adsorpční procesy a jiné, podle chemických vlastností látek, které je nutné odstranit.
- Biologické – organické látky se odbourávají činností různých druhů speciálně pěstovaných bakterií.
  - Bakterie mohou být:
    - aerobní (berou si kyslík ze vzduchu nebo vody),
    - anaerobní (kyslík získávají redukcí kyslíkatých látek).

Biologickému čištění vždy předchází mechanické nebo chemické čištění, nebo obojí. Nejdokonalejší způsob biologického dočištění odpadních vod je postup založený na použití oživeného kalu (Konečná, 2006).

### 2.1.1 Množství odpadní vody

Při průměrné specifické produkci odpadních vod, což je 150 litrů/obyv.den, je průměrná koncentrace nerozpuštěných látek 350 mg.l<sup>-1</sup> s podílem organické hmoty 72,7 % koncentrace rozpuštěných látek je 800 mg.l<sup>-1</sup> s organickým podílem 40 % a průměrné BSK5 je 400 mg.l<sup>-1</sup>. Z nerozpustných látek lze skoro 70 % odstranit usazováním, což je má technologický význam při čištění těchto vod (Hlavínek et al., 2006).

Tab. 2.1 Produkce znečištění v g/obyv.den ČSN 75 6401

	Organické	Anorganické	Celkem	BSK5	N	P
Nerozpuštěné látky	40	15	55	30	1	0,2
(z nich usaditelné)	30	10	40	-	-	-
Rozpuštěné látky	50	75	125	30	10	2,3
Látky celkem	90	90	180	60	11	2,5
Produkty metabolismu						
Celkem	80	30	110	-	10	1,6

Během podzimního období bylo provedeno několik odběrů usazeného sedimentu, u něhož bylo provedeno zjištění množství minerálních a organických látek. Zpracováno bylo celkem 5 vzorků, zjištěné hodnoty uvedené v tab. 1 ukazují, že průměrný obsah minerální složky (písek, štěrk, apod.) je pouze 22,8 %, naopak obsah organických látek je extrémně vysoký, a sice 78,2 %. Během silného zvýšení průtoků při intenzivních srážkách dochází k uvolnění organické složky z nejvyšší vrstvy sedimentu (v akumulacním prostoru lapáku písku), následně způsobuje kolmatační procesy ve filtračním prostředí. Z tohoto důvodu je potřeba přijít s řešením, které zajistí vyšší podíl minerální složky v sedimentované směsi.

Tab. 2.2 Poměrné množství organických a minerálních látek v sedimentu lapáku písku

č. vzorku	Minerální látky [%]	Organické látky [%]
1	19.4	80.6
2	28.7	71.3
3	24.2	75.8
4	16.5	84.5
5	21.6	80.4
6	26.3	76.7
Průměr	22.8	78.2

### 3 Čištění odpadních vod v ČR

Nabídka čistíren odpadních vod je v současné době poměrně široká a máme výběr z mnoha typů. Rozdělují se hlavně podle velikosti a typu čistírenského procesu. Nejčastější ČOV používaná v ČR je mechanicko-biologická čistírna odpadních vod. Zvláštním případem může být např. čistírna radioaktivního odpadu. Velké čistírny kombinují většinou všechny dostupné čisticí procesy. Patří sem mechanické, biochemické a chemické procesy.

V současné době se také začala zvětšovat obliba kořenových čistíren odpadních vod a to hlavně tam kde by na klasickou ČOV nebylo dostatečné množství finančních prostředků.

Čistírna odpadních vod funguje jako předčištění a dočištění probíhá v recipientu tj. v přirozeném vodním toku. V rámci čistírny jsou zřizovány další objekty na likvidaci vzniklých kalů a látek jako jsou kalová a plynová hospodářství.

#### 3.1 Schéma mechanicko-biologické ČOV

##### 3.1.1 Mechanické (primární) čištění

Odpadní voda je na ČOV přiváděna hlavní stokou ze stokové sítě. Na jejím konci je umístěn lapák šterku. Ten zachycuje nejhrubší nerozpuštěné látky (nap. šterk, dlažební kostky, kusy cihel, atd.), uplatňuje se především při zvýšených průtocích odpadních vod.

Dalším stupněm jsou česle. Ty odstraní hrubé plovoucí nečistoty. Česle bývají s ručním nebo strojovým shrabováním naplavenin tzv. shrabky, alternativou česlí jsou buď síta, nebo mělníci česle a dezintegrátory, které se někdy používají na malých ČOV.

Následuje lapák písku, často v kombinaci s lapákem tuků. Jeho cílem je oddělení minerálních suspenzí (písek) od organických nerozpuštěných látek, organické je výhodné v odpadní vodě nechat. Separace se děje na základě rozdílných hustot obou materiálů, využívá se buď gravitační, nebo odstředivá síla. Odstraněním písku se jednak zabrání jeho usazování na nežádoucích místech a jednak se sníží abraze případných následujících zařízení. Lapáky písku se někdy provzdušňují.

Lapák šterku, česle a lapák písku a tuků se někdy souhrnně nazývají ochranná část ČOV.

Posledním zařízením pro mechanické čištění je usazovací nádrž. Zde probíhá usazování jemných nerozpuštěných látek a stírání plovoucích nečistot z povrchu nádrže. Vzniká primární kal, který je zpracováván v kalovém hospodářství. Tato část je obzvlášť důležitá pro systémy s nitrifikací a pro zkrápěné biofilmové reaktory.

### 3.1.2 **Biologické (sekundární) čištění**

Biologické čištění probíhá v biologickém reaktoru. Zde je znečištění z odpadní vody odstraňováno pomocí mikroorganismů nazývaných aktivovaný kal. Aktivovaný kal je v biologickém reaktoru kultivován buď jako suspenze (tzv. aktivační systémy), nebo na pevném nosiči (tzv. biofilmové reaktory). Těchto reaktorů je celá řada typů. Aktivovaný kal dokáže z odpadní vody odstranit značné množství organického znečištění i sloučenin dusíku a fosforu.

Směs vody a aktivovaného kalu pak teče do dosazovací nádrže, kde dochází k oddělení vyčištěné vody od aktivovaného kalu v důsledku jeho sedimentace. Část aktivovaného kalu je vracena zpět do biologického reaktoru a část je oddělena jako přebytečný kal a odváděna ke zpracování do kalového hospodářství.

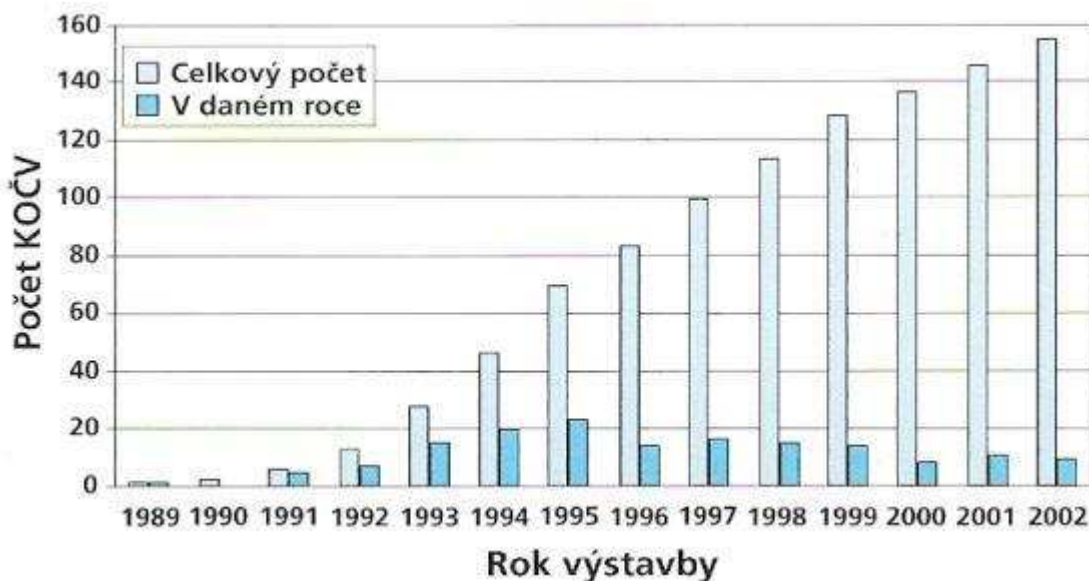
### 3.1.3 **Terciární čištění**

Terciární čištění slouží k dočištění odpadních vod, především k odstranění fosforu, nerozpuštěných látek a k hygienizaci vody (odstranění patogenů) (<http://cs.wikipedia.org>).

## 3.2 **Kořenové čistírny odpadních vod**

V ČR se KČOV projektují od roku 1989, v současné době je jich v provozu více než 400. Největší KČOV u nás jsou ve Spáleném Poříčí, která čistí odpadní vodu od 1400 obyvatel. Je nutno říci, že všechny čistírny, u kterých není podstatným způsobem překračována jejich kapacita, nebo zanedbána údržba, fungují i po dlouhých letech s velmi dobrými čistícími parametry. Nejvíce se KČOV staví a využívají pro domovní čistírny, kde je méně než 10 obyvatel (Vymazal, 2004, Kršňák - Šperling 2010).





Graf 3.1 Počet KČOV do roku 2002 v ČR (Vymazal, 2004)

Jak je z Graf 3.1 patrné, výstavba kořenových čistíren odpadních vod v ČR měla v minulosti vzrůstající charakter. Není tomu jinak ani dnes, tento trend můžeme pozorovat nejen v České republice ale také v zahraničí.

Je to způsobené kladením důrazu na myšlenku udržitelného rozvoje a hledání alternativních metod již osvědčených technologií. Proto se již řadu let staví kořenové čistírny odpadních vod, které jsou považovány za ekologičtější, ekonomičtější, ale také i estetičtější alternativu čištění odpadních vod (Kršňák - Šperling 2010).

### 3.2.1 Funkčnost kořenových čistíren

Stejně jako u běžných mechanicko-biologických čistíren je prvním stupněm čištění vždy mechanické předčištění, kam patří česle, lapák písku atd. Při něm dochází k odstranění pevných nečistot nejčastěji v septiku nebo šterbinové nádrži. Předčištěná voda je odváděna do kořenového lože, kde probíhá dočištění. Kořenové lože je vlastně mělká nepropustná nádrž vyplněná kačírkem nebo šterkem, ve kterém je vysazena mokřadní vegetace. Odpadní voda tímto ložem pomalu protéká a díky mikrobiální činnosti na kořenech rostlin a substrátu a kombinací fyzikálních chemických a biologických procesů, dochází k vyčištění odpadní vody. Kořenová čistírna ve svém principu využívá přirozené samočištění vody, které probíhá běžně v přírodě v přirozených mokřadech. Celý provoz čistírny je ve své podstatě velmi jednoduchý, stejně jako v přírodě funguje čistící funkce přirozeně a soběstačně. Provozní náklady zahrnují pouze čištění nátokových objektů, kosení rostlin a jejich odstraňování.

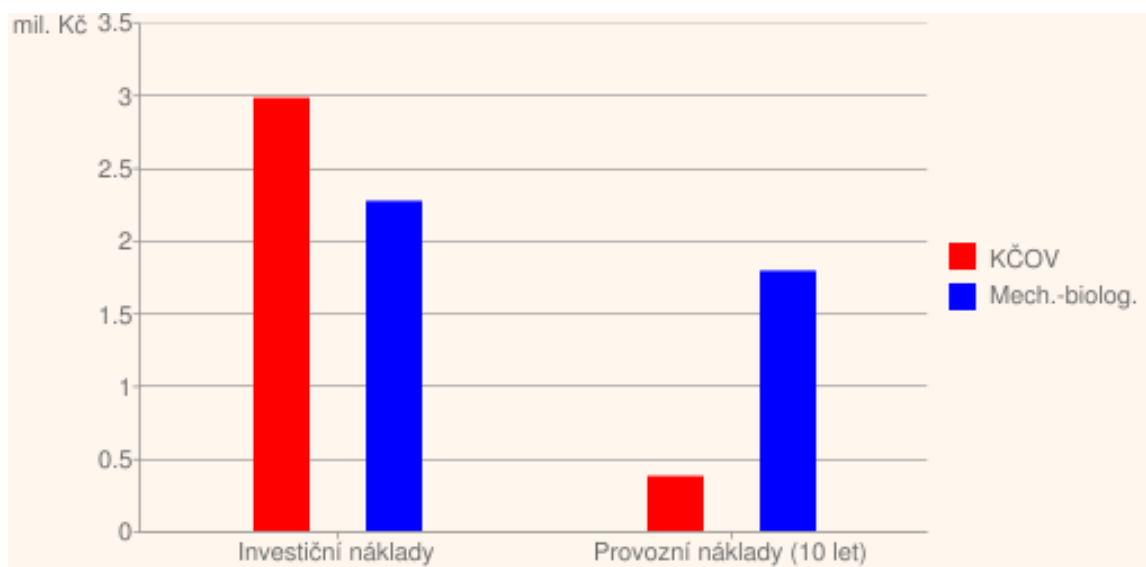
Jako velkou výhodou kořenových čistíren lze nepochybně označit možnost jejich využití pro různé druhy odpadních vod. Kořenové čistírny dnes fungují k čištění odpadních vod například z obcí, rodinných domů, rekreačních zařízení, nemocnic, některých průmyslových odvětví, skládek a koupališť.

Více než dvacet let provozování a výzkumů kořenových čistíren má za výsledek postupné zdokonalování celé technologie výstavby. První generace kořenových čistíren byla tvořena převážně horizontálními kořenovými filtry. Dnes se již postupně začínají stavět i kořenové čistírny druhé generace, které přinášejí oproti první generaci ještě lepší čistící účinky a to především v oblasti ukazatelů znečištění BSK<sub>5</sub>, CHSK<sub>Cr</sub>, NL, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, P, a dále pak u těžkých kovů, aniontových tenzidů, některých běžně užívaných medikamentů a dalších látek. Lepší výsledky těchto čistíren spočívají v kombinaci horizontálně protékaných filtrů s vertikálními (Kršňák - Šperling 2010).

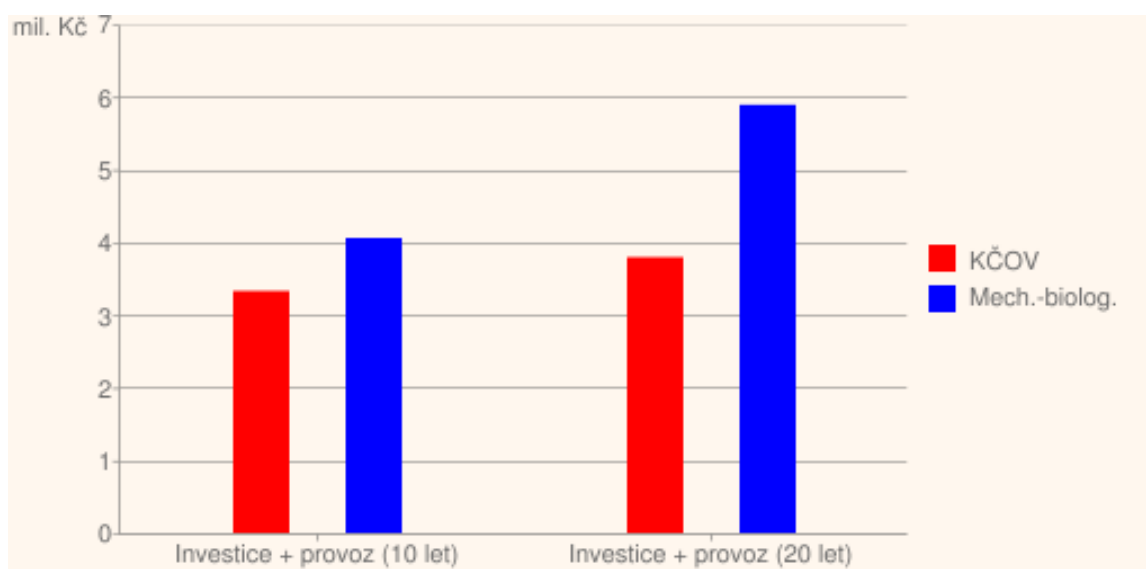
#### **3.2.1.1 Zajímavé jsou investiční náklady**

Investiční náklady kořenové čistírny závisí na konstrukčním řešení, morfologii terénu a dostupnosti pozemku. Ceny u klasických kořenových ČOV první generace se pohybují kolem 15 tis. Kč /EO (ekvivalentního obyvatele). Náklady u čistírny druhé generace se pohybují v kolem 20 tis. Kč /EO.

Důležitý je také výběr vhodného pozemku, kde je nutno uvažovat s prostorem cca 4 – 5 m<sup>2</sup>/obyvatele účinné čistící plochy a další prostor pro budoucí rozvoj, obslužnou komunikaci a manipulační plochu. Vzhledem k záboru nejčastěji zemědělských pozemků, však cena za případný odkup pozemků není vysoká. V případě záboru pozemků ve vlastnictví státu např. Pozemkového fondu ČR a souladu s územním plánem jsou převedeny tyto pozemky na obec zdarma (Kršňák - Šperling 2010).



**Graf 3.2 Investiční a provozní náklady (v mil. Kč)**



**Graf 3.3 Součet nákladů za 10 a 20 let provozu (v mil. Kč)**

Orientační náklady na výstavbu a provoz kořenové čistírny pro 150 ekvivalentních obyvatel. Tento výpočet vychází z více než dvacetiletých zkušeností s provozem kořenových čistíren.

Z uvedených grafů je patrné, že investiční náklady kořenových čistíren jsou o něco vyšší. K tomu je nutno dodat, že samotná obec platí pouze minimum (obvykle 10 % s ohledem na typ dotace). Proto jsou náklady na pořízení kořenové ČOV pro obec pouze 100 tis. Kč z částky 1 mil. Kč. Tato investice se obci vrátí již v prvním roce provozu. Snížení investičních nákladů až o jednu třetinu lze dále dosáhnout využitím vlastních zdrojů obce. Myšlenka spočívá ve využití místních zdrojů surovin (kamenivo filtru tvoří

cca 30–40 % celkové ceny) a zjednodušení výkopových prací, kdy je výkopek odvážen pouze do blízké vzdálenosti od čistírny (Kršňák - Šperling 2010).

Kořenové čistírny představují v současné době možnou plnohodnotnou alternativou k běžným technologiím. Nacházejí uplatnění u lidí, kteří upřednostňují výhody přírodních postupů před technologickými, mají zájem o úspory energie i financí.

### **3.2.1.2 Náklady některých KČOV ve srovnání s klasickou ČOV**

KČOV Žitenice 6 EO – provoz cca 4 tis. Kč/rok

- klasická ČOV – provoz cca 6,5 tis. Kč/rok

KČOV Chmelná 150 EO – provoz cca 40 tis. /rok

- klasická ČOV – provoz cca 180 tis. Kč/rok

KČOV Hostětín 240 EO – provoz cca 40 tis. Kč/rok

- klasická ČOV – provoz cca 300 tis. Kč/rok

KČOV Dražovice 780 EO – provoz cca 300 tis. Kč/rok

- klasická ČOV – provoz cca 950 tis. Kč/rok

KČOV Spálené Poříčí 1400 EO – provoz cca 240 tis. Kč/rok

- klasická ČOV – provoz cca 1500 tis. Kč/rok

### **3.2.2 Výhody a nevýhody KČOV**

Mezi přednosti vegetačních kořenových čistíren patří dle (Šálek, 1999, Vymazal, 2004):

- příznivé začlenění do životního prostředí,
- dobře zapadnou do krajiny a jsou její součástí, případně mohou plnit i okrasnou funkci,
- poměrně jednodušší stavební a technologické provedení,
- srovnatelné až nižší stavební náklady v porovnání s klasickou čistírnou,
- minimální potřeba energií, obsluhy a tím i malých provozních nákladů,
- možné nárazové přetížení a dobré čistící účinky od počátku provozu,
- poutání části dusíku a fosforu, ale i těžkých kovů,
- možné krátkodobé, ale i dlouhodobé přerušování provozu bez negativního vlivu,
- možnost čištění odpadních vod s nízkým obsahem balastních vod a s nízkým obsahem organické hmoty,

- široké spektrum uspořádání, kombinací a možností využití,
- schopnost čistit téměř všechny druhy odpadních vod (splaškové, zemědělské, průmyslové, splachové, průsaky ze skládek pevného odpadu, stabilizace a mineralizace čistírenských kalů),
- odolnost vůči povodním,
- celoroční provoz,
- mají menší náchylnost k havárii systému.

Nedostatky vegetačních kořenových čistíren se projevují především v:

- poměrně velkých nárocích na plochu čistírny,
- způsobu čištění je možné využít pouze pro menší producenty odpadních vod,
- závislosti čistícího účinku na klimatických podmínkách, především na teplotě a sluneční radiaci,
- možnosti zakolmatování filtračního prostředí při nedostatečném mechanickém čištění,
- nekvalitním provedení a provozování s možností kontaminace podzemních vod,
- snížení čistícího účinku v důsledku zmenšení filtrační plochy zamrznutím povrchu,
- delší době zadržení, nezbytné k odbourání amoniakálního znečištění.

Pro obsluhu kořenových čistíren je nutná dobrá znalost nejen problematiky vodohospodářské, ale i biologické, jelikož KČOV je velmi citlivá na nekvalifikované zásahy.

## 4 Lapák písku na ČOV

Lapáky písku jsou tedy zařízení, sloužící k zachytávání písku a jiných minerálních částic. Lapáky písku by měly být navrženy s takovou účinností, aby byla zajištěna ochrana dalších technologií a zařízení ČOV a KČOV před vniknutím hrubých plovoucích částic (Hlavínek – Prax – Hlušík - Mílek, 2006). Lapák písku by měl zachytávat částice do průměru zrn 0,2 až 0,25 mm (maximálně 0,1 mm). Při návrhu objektů, sloužících k zachycení pískových částic, se vychází z normy ČSN 75 6401(Hlavínek – Prax – Hlušík - Mílek, 2006).

Lapáky písku rozdělujeme dle způsobu odstraňování písku:

- ruční odstraňování 1 – 2 x týdně (většina případů KČOV na území ČR),
- strojní odstraňování (průběžné, většinou biologické ČOV).

Dle směru průtoku písku potom:

- vertikální lapák písku (převažující směr proudění odpadní vody je ve vertikálním směru, v převážné většině směrem vzhůru),
- horizontální lapák písku (hlavní směr proudění průtoku odpadní vody je v horizontálním směru).

K lapákům písku s vertikálním průtokem lze zařadit několik typů lapáků, které jsou běžně v České republice používány:

- vertikální lapák písku,
- vírový lapák písku,
- provzdušňovaný lapák písku,
- odstředivé, s příčnou cirkulací.

Mezi horizontálními lapáky písku je známo opět několik typů (Hlavínek – Prax – Hlušík - Mílek, 2006):

- Komorový lapák písku - představitelem této skupiny je podélný usazovací žlab s akumulacním prostorem na zachycování písku. Navrhuje se pro odpadní vody obsahující pouze minerální částice, pokud je průtok neměnný. Avšak v čistírnách průtok během dne kolísá, je nutno navrhnout vždy několik

paralelních žlabů vedle sebe. Požadovanou rychlost ve všech žlabech lze docílit Parshallovým žlabem, který umístíme na společném odtokovém žlabu. Investiční náklady jsou z uvedeného důvodu výstavby více zařízení vyšší.

- Štěrbínový lapák písku - je složen ze žlabu obdélníkového nebo trojúhelníkového průřezu, jehož dno má takový sklon, aby i za nejmenších průtoků neklesla rychlost pod 0,15 m/s a za velkých průtoků nepřekročila 0,4 m/s. Na dně žlabu jsou příčné nebo podélné štěrby, kterými písek propadá do spodní šachty, odkud se písek těží nebo čerpá pomocí mamutkového čerpadla. Horizontální štěrbinový lapák písku je aplikován dle zjištěných informací monitoringu KČOV, zpracovaného pro MŽP v roce 2009, na většině KČOV na území ČR. Další text se zabývá inovativním řešením tohoto typu lapáků písku.
- Lapák písku komorový s kontrolovanou rychlostí - průtok odpadní vody se mění a způsobuje kolísání průřezových rychlostí v komorových lapácích písku, tak i nestálý čistící účinek. Komorový lapák písku tento nedostatek neumožňuje. Hydraulicky je řešen tak, že poměr  $Q$  je stálý pro očekávaný rozsah průtoků odpadních vod. K zachování konstantní rychlosti proudění v horizontálním lapáku písku musíme navrhnout profil odtoku k danému příčnému lapáku písku. Podrobně není tento typ dle dostupných publikací nikde popsán ani uváděn.

#### 4.1 Množství a složení písku v odpadní vodě

Písek zachycený v odpadní vodě, kolísá ve velkém rozsahu podle typu kanalizační soustavy, druhu vpustí a způsobu udržování stokové sítě, typu odlehčovacích komor a poměru ředění, podle povrchové úpravy a sklonu odkanalizovaného území, klimatických podmínek, stavu a konstrukčních vlastností kanalizačního systému, množství a charakteru průmyslových odpadních vod a také podle typu a funkce lapáku písku. Z uvedených podmínek je zřejmé, že je nemožné sestavit rovnici, která by postihla všechny vyjmenované vlivy tak, aby bylo možno odhadnout množství písku. Je důležité si uvědomit, že za deště jsou průměrné hodnoty překračovány 10 – 30 krát (Hlavínek – Prax – Hlušík - Mífek, 2006).

Průměrné složení písku obsahuje 10 až 20 % sušiny, ve které bývá zhruba 50 % organických látek. Ze správně fungujícího provzdušňovaného lapáku písku se dostává písek, který obsahuje maximálně 3 % ztráty žíháním (Hlavínek – Prax – Hlušík - Mífek, 2006).

Množství písku, které se udává na osobu je 5–12 litrů/obyv.rok (Hlavínek – Prax – Hlušík - Mílek, 2006).



## 4.2 Typizovaný LPŠ

Laboratorní model lapáku písku vychází z typizované řady štěrbinového horizontálního lapáku písku. V současné době existuje několik typů LPŠ, které jsou rozděleny podle délky usazovacího prostoru na LPŠ480, LPŠ600, LPŠ900, LPŠ1200. Pro účely laboratorního modelování jsme jako kalibrační provozní zařízení použili LPŠ480, jednak proto, že je to nejmenší z možných lapáků písku a také proto, že tento typizovaný lapák písku se nachází v blízké obci u Brna - na výzkumné kořenové čistírně odpadních vod v Dražovicích u Vyškova. Provozní zařízení bude sloužit pro následující verifikaci vyvíjeného regulátoru.



Obr. 4.1 KČOV Dražovice

## 4.3 Popis technologie KČOV

Technologická linka KČOV v Dražovicích zahrnuje:

1. stupeň mechanického předčištění – dešťový oddělovač, dešťová zdrž, typizovaný štěrbinový lapák písku horizontální s jemnými česlemi a typizovaná štěrbinová usazovací nádrž
2. stupeň biologického čištění - tři kořenová pole horizontálně protékající s porostem rákosu obecného

3. dočišťovací stupeň – mělká nízkozatěžovaná stabilizační nádrž s převládajícími aerobními podmínkami.

#### 4.4 Stavební popis KČOV Dražovice

Typizovaný štěrbinový horizontální lapák písku označený jako LPŠ480 je, jak už název napovídá, dlouhý 4,8 m (vnitřní délka usazovacího prostoru) a široký 1,2 m (vnitřní šířka bez započítání betonových okrajů). Vnější celková délka lapáku je 7,1 m a šířka 3,05 m. Rozměry prostoru, určeného pro odvodnění usazeného písku, jsou u tohoto typu 4 x 1 m. Výška konstrukce nad upraveným terénem je zhruba 0,2 m. Přítokové i odtokové potrubí má DN 250 mm, ale například na KČOV Dražovice bylo použito pouze DN 200 mm. Kóta přítokového potrubí je na úrovni -0,55 m (v porovnání s horní hranou betonového okraje lapáku písku), výšková kóta odtokového potrubí je potom na úrovni -0,85 m (opět v porovnání s horním betonovým okrajem lapáku písku), rozdíl jejich výšek tedy činí 0,30 m.

Na většině podobně dříve postavených KČOV v České republice najdeme mechanické předčištění pomocí ručně stíraných česlí, označených jako 600 x 550 x 30 –(02) – NKS 70 086 – 69.

Usazovací prostor pro usazení pevných částic čítá objem rovný 1,3 m<sup>3</sup>.

## 4.5 Technologický popis KČOV Dražovice

Podle základních návrhových hodnot bych počet připojených obyvatel na LPŠ480 neměl přesáhnout 250 osob. Množství odpadních vod  $Q_d$  – denní by mělo být  $50\text{m}^3/\text{den}$ , průměrné  $0,58\text{ l/s}$ , maximální  $2,95\text{ l/s}$ .

Tab. 4.1 Základní návrhové hodnoty

Část	Popis	Onačení	Míra	LPŠ480	LPŠ600	LPŠ900	LPŠ 1200	
Stavební	Vnitřní délka lapáku	L1	m	4,8	6,0	9,0	1,2	
	Celková délka vnější	L2	m	7,1	8,3	1,13	1,43	
	Vnitřní šířka lapáku	B1	m	1,2				
	Celková šířka vnější	B2	m	3,05				
	Rozměry pračky písku	a x b	m	4 x 1	5 x 1	8 x 1	1,1 x 1	
	Výška konstr. nad upraveným terénem	v	m	0,2				
	Přítokové potrubí	J <sub>S1</sub>	mm	250		300		
	Odtokové potrubí	J <sub>S2</sub>	m	250		300		
	Kóta dna přítokového potrubí	h1	m	- 0,55				
	Kóta dna odtokového potrubí	h2	m	- 0,85		- 0,90		
	Rozdíl kót přítoku a odtoku	Δh	m	30		35		
Strojní	Česle ručně stírané jemné	Typ	-	600 x 550 x 30 -(02) - NKS 70 086 - 69				
		-	ks	1	1	1	1	
Technologická	Počet připojených obyvatel		P	Os.	250	400	600	900
	Množství odp.vod	Celkové denní	Q <sub>d</sub>	m <sup>3</sup> /den	50	80	120	180
		Průměrné	Q <sub>24</sub>	l/s	0,58	0,93	1,38	2,08
		Maximální	Q <sub>max</sub>	l/s	2,95	3,25	3,50	4,70
		Dešťové	Q <sub>dešť</sub> = 5Q <sub>24</sub>	l/s	-	-	6,90	10,40
	Objem prostoru na písek		V	m <sup>3</sup>	1,3	1,6	2,4	3,2

Tab. 4.2 Průtokové poměry ve šterbinovém lapáku písku

Typ	Počet obyv.	$Q_d [\text{m}^3/\text{den}]$	$Q_{24} [\text{m}^3/\text{hod} - \text{l/s}]$	Výška plnění h [m]	Průtočná plocha S [ $\text{m}^2$ ]	Délka lapáku [m]	Průtoková rychlost v [m/s]	Doba zdržení T [s]	Hydraulické povrch. zatíž. [ $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{hod}$ ]
			$Q_{\max} [\text{m}^3/\text{hod} - \text{l/s}]$						
			$Q_{\text{dešť}} [\text{m}^3/\text{hod} - \text{l/s}]$						
LPŠ 480	250	50	2,08 - 0,58	0,043	0,0044	4,8	0,13	37	4,2
			10,80 - 2,95	0,085	0,0123		0,24	20	15,5
			-	-	-		-	-	-
LPŠ 600	400	80	3,33 - 0,93	0,054	0,0061	6,0	0,15	40	4,85
			11,65 - 3,25	0,088	0,0130		0,25	24	13,10
			-	-	-		-	-	-
LPŠ 900	600	120	5,00 - 1,38	0,062	0,0076	9,0	0,18	50	4,55
			12,75 - 3,50	0,091	0,0137		0,25	36	9,40
			25,00 - 6,90	0,118	0,0210		0,33	27	15,65
LPŠ 1200	900	180	7,50 - 2,08	0,074	0,0099	12,0	0,21	57	4,65
			16,90 - 4,70	0,105	0,0173		0,27	44	8,65
			37,50 - 10,40	0,14	0,028		0,37	32	15,65

#### 4.6 Měření průtoků na KČOV

Na kořenových čistírnách odpadních vod probíhají letmá měření průtoku odpadní vody, která běžně zajišťuje správce areálu maximálně 1x denně. Z archivovaných záznamů na KČOV Dražovice jsme zjistili, že měření průtoků probíhá mezi 6 až 7 hodinou ranní a to jen za bezdeštných dní. Podrobnosti takového měření viz Obr. 4.2. Průběh průtoků za deště není zaznamenán ani jedenkrát (KČOV Rudíkov, Hostětín, Dražovice). Výsledné naměřené hodnoty jsou navíc zatíženy chybou, vznikající během samotného zaznamenávání, protože měření probíhá pouze pomocí tesařského metru. Při výstavbě evapotranspiračního lyzimetru (výstavba v rámci projektu MPO FR-TI3/778) proběhla krátkodobá dešťová přehánka, během které jsme na Thomsonově přelivu naměřili pomocí geodetické latě průtok několikanásobně větší než je maximální navrhovaný průtok pro tento typ lapáku písku – až neuvěřitelná byla hodnota cca 25 l/s, která je v porovnání s maximálním návrhovým průtokem 2,95 l/s více jak osminásobná (měření za dešťových průtoků viz Obr. 4.6 a Obr. 4.7).

Datum	Příchod	Odchod	LPS		Měrná šachta		Poznámky - KČOV
den	hod	hod	cm	l/s	cm	l/s	číslo měření
1. 4.	6:00	8:00	4	0,48	5		1
2. 4.	6:00	8:00	4	0,48	5		1
3. 4.	6:00	8:00	5	0,48	4		1
4. 4.	6:00	8:00	4	0,48	5		1
5. 4.	6:00	16:00	15	12,34	14		1
6. 4.	6:00	11:00	5	0,48	4		1
7. 4.	6:00	8:00	4	0,48	5		1
8. 4.	6:00	8:00	4	0,48	5		1
9. 4.	6:00	8:00	4	0,48	5		1
10. 4.	6:00	8:00	5	0,48	5		1
11. 4.	6:00	8:00	5	0,48	5		1
12. 4.	6:00	8:00	4	0,48	5		1
13. 4.	6:00	9:00	4	0,48	5		1
14. 4.	6:00	8:00	4	0,48	5		1
15. 4.	6:00	10:00	4	0,48	5		1
16. 4.	6:00	16:00	5	0,48	5		1
17. 4.	6:00	8:00	4	0,48	5		1
18. 4.	6:00	8:00	4	0,48	5		1
19. 4.	6:00	8:00	4	0,48	5		1
20. 4.	6:00	8:00	6	0,48	5		1

Obr. 4.2 Zapisování průtoků na KČOV Dražovice



**Obr. 4.3 Horizontální LPŠ480 – přítok a odtok**

Horizontální LPŠ480 se skládá z přítokové části, do kterého přitéká odpadní voda z odlehčovací komory, což je situováno jako první objekt na KČOV. Přítok je realizován kanalizačním potrubím DN 200 mm (Obr. 4.7), za ním se nachází ocelové střední česle se sklonem 45°, jednotlivé průliny mezi česlicemi jsou 20 – 25 mm. Jedná se o ručně stírané česle, shrabky se akumulují ve sběrném žlábků nad česlemi, po zaplnění žlábků je zadržený odpad přemístěn do přepravek (Obr. 4.4).

V obsahu shrabků se mění podle ročního období. Shrabky obsahují přibližně 80% vody (Hlavínek – Prax – Hlušík - Mífek, 2006), mají při tom objemovou hmotnost 960 kg/m<sup>3</sup>. Obsah minerálních látek je asi 15 – 20 %. Mezi shrabky můžeme běžně najít hadry, plasty, větve, kuchyňský odpad, papíry, peněženky, mrtvá zvířata, zbytky fekálií, dětské pleny a jiné hygienické potřeby, aj, viz Obr. 4.4. Vše se skladuje a později odváží na spalení nebo kompostování, obdobně jako u biologických čistíren odpadních vod.



Teoretické množství shrabků podle druhu česlí (Hlavínek – Prax – Hluštík - Mífek, 2006):

$V_s = 0,2 - 0,3 \text{ m}^3/\text{obyv.rok}$  – hrubé česle

$V_s = 0,3 - 5,0 \text{ m}^3/\text{obyv.rok}$  – střední česle

$V_s = 5,0 - 10,0 \text{ m}^3/\text{obyv.rok}$  – jemné česle



**Obr. 4.4** Ručně sbírané shrabky, akumulované v přiložené nádobě



**Obr. 4.5 Pěvně osazený ostrohranný přeliv na konci usazovacího prostoru**



**Obr. 4.6 Přibližný odečet průtočné výšky během dešťových průtoků**



**Obr. 4.7 Nátok do lapáku LPŠ480 během dešťových průtoků**



## 5 Laboratorní model s regulátorem

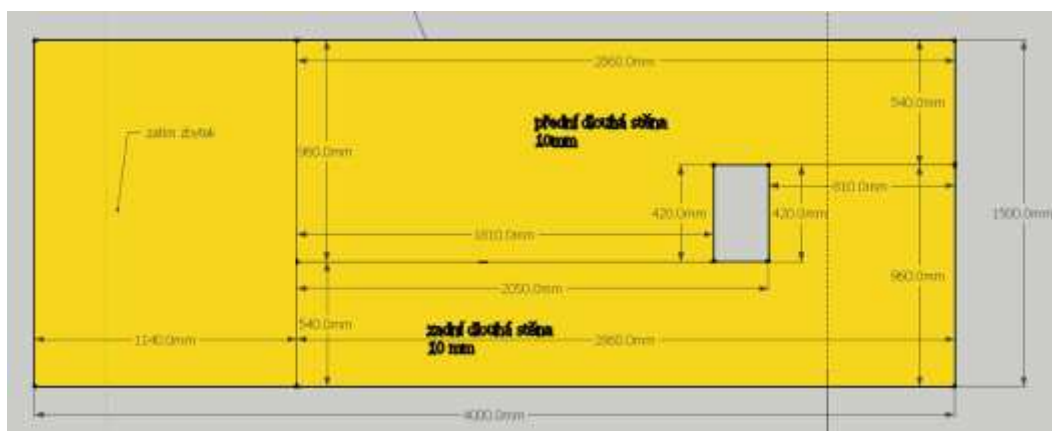
Laboratorní model horizontálního lapáku písku, který je sestrojen v laboratoři ÚVHK, je rozdělen na čtyři samostatné části, resp. hydraulické bloky:

- Nátok
- Mechanické předčištění – střední česle
- Usazovací prostor pro zachycení písku
- Odtok

Nade všemi částmi v podélném směru je umístěno navrhované regulační zařízení – v nátokové části se nachází plovák, nad usazovacím prostorem je navržena vedoucí horizontální tyč a odtok je doplněn samotným regulačním přelivem (přeliv tvoří přechod mezi usazovacím prostorem a odtokovou částí).

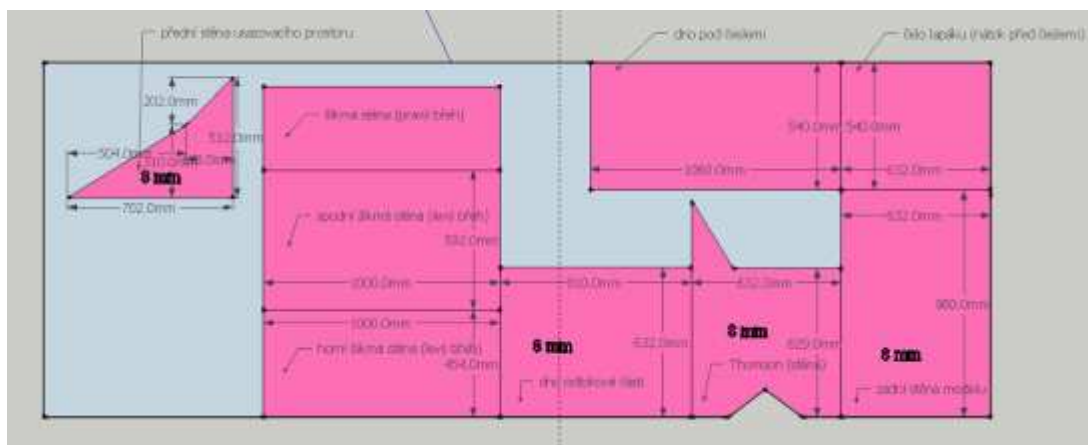
Akumulační nádrž, sloužící pro přečerpávání vody, je uvažována jako samostatná část.

Rozdělení PP desky tl. = 10mm na jednotlivé desky – přední a zadní stěnu



Obr. 5.1 Rozdělení první PP desky tl. = 10mm na řezání

Rozdělení PP desky tl. = 8mm na jednotlivé desky – jednotlivé příčné stěny



**Obr. 5.2 Rozčlenění druhé PP desky tl. = 8 mm na řezání**

## 5.1 Sestavení modelu

Na sestavení lapáku byly použity polypropylenové desky o rozměrech 1 x 150 x 400 cm, 0,8 x 150 x 400 cm.

Jako první fáze přípravy laboratorního modelu přišlo na řadu nařezání desek, ty jsme rozvrhli podle předem připravených plánek, desky byly nařezány do následujících rozměrů:

1. 2 x 10 x 96 x 286 cm - podélné (boční) stěny laboratorního modelu
2. 10 x 63,2 x 96 cm – zadní stěna modelu (v provozních podmínkách odtok z lapáku písku do usazovací nádrže)
3. 10 x 63,2 x 54 cm – čelní stěna modelu (ve skutečných podmínkách nátok odpadní vody do lapáku písku)

Všechny desky byly ofrézovány tak, aby se při sváření lépe spojily a nedocházelo při manipulaci s nimi ke zranění osob ostrými hranami. Dále jsme připravili veškeré příčné přepážky, ty nám hydraulicky oddělují jednotlivé části lapáku:

1. **Nátok** – prostor od nátoku odpadní vody do lapáku písku, včetně hrubých česlí, rohových usměřovačů proudu, až po přepad do usazovacího prostoru
2. **Usazování** – prostor mezi dvěma šikmými stěnami (úhel příčného sklonu stěn je  $45^\circ$ ), kde dochází ke zpomalení průtočné rychlosti vlivem zvětšení průtočné plochy
3. **Odtok** – za Thomsonovým přelivem, voda přepadá v reálných podmínkách do hlubšího prostoru, následně odtéká odpadním potrubím dále do usazovací

nádrže. Na modelu je z prostorových důvodů vyřešeno odtokové potrubí bočním odvodem DN150.

Lapák jsme zpevnili podélnými výztužemi po celém obvodu. Do usazovací části se namontoval vypouštěcí ventil. Nad výstavbou modelu jsme strávili cca 350 hodin pracovních hodin.



**Obr. 5.3 Výškově nastavitelné podstavce lapáku písku**



Obr. 5.4 Měření a příprava stěn pro usazovací prostor



Obr. 5.5 Levá usazovací šikmá stěna



Obr. 5.6 Přikládání protější (pravé) šikmé usazovací stěny



Obr. 5.7 Finální pohled na usazovací prostor



Obr. 5.8 Akumulační nádrž



Obr. 5.9 Výtoku lapáku písku

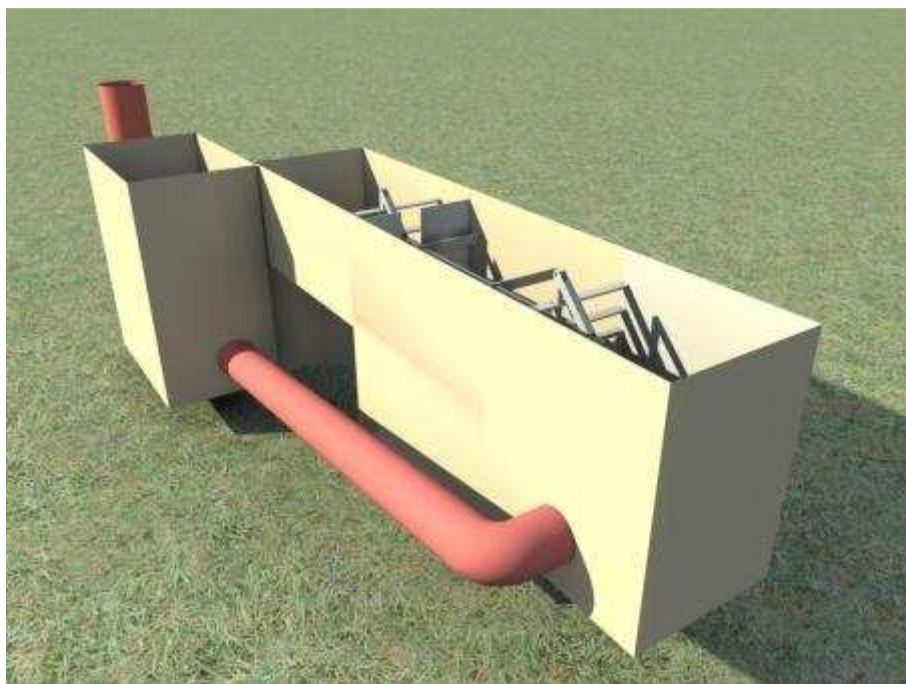


**Obr. 5.10 Celý model včetně propojení z čerpací nádrže**

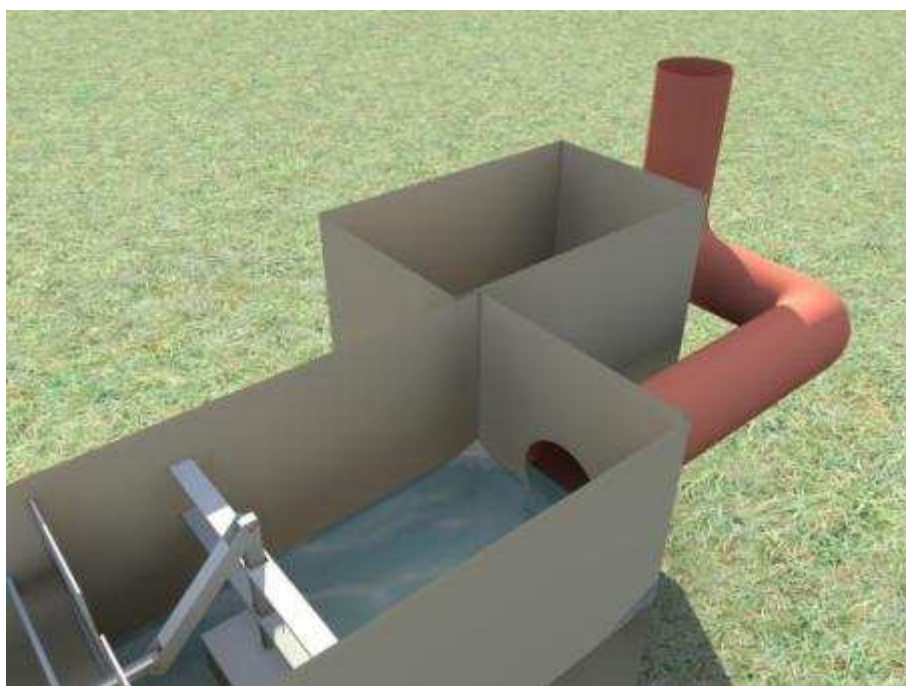
Nakonec jsme sestavili akumulční nádrž 67 x 62 cm, vysokou 162 cm (viz. Obr. 5.8), ve které jsou osazena 4 čerpadla propojena s nátokem do lapáku, pro simulování různých průtokových stavů. Čerpadla při sériovém zapojení umožňují dle výrobce jednotlivých typů celkový průtok 10,5 l/s. Propojení je pomocí 1“(coul) hadic a rychlospojek s uzávěry. Všechny desky nádrže jsme spojovali horkovzdušnou pistolí a svařovacího drátu z PP. Pokud byly zjištěny netěsnosti, vyplnily se taveným silikonem.

Odtoková část modelu lapáku písku je propojena potrubím DN 200mm s čerpací nádrží, voda je zde vedena samospádem.

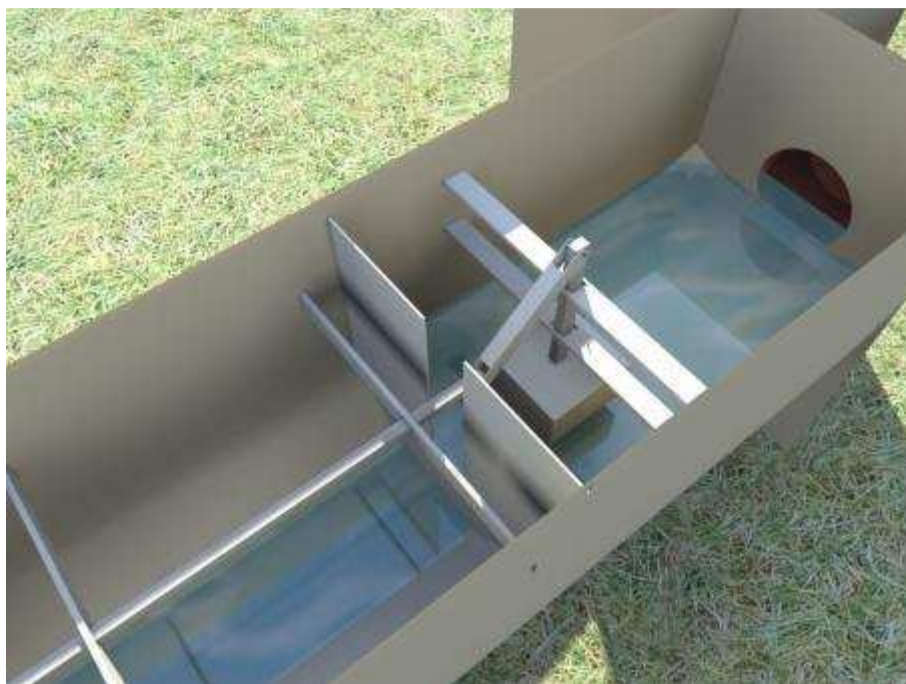




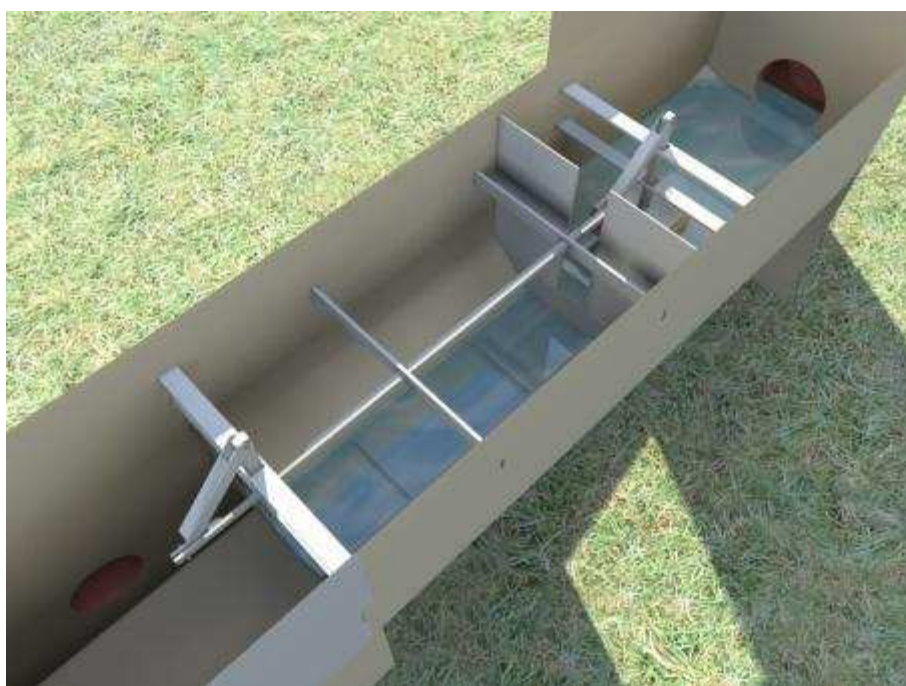
**Obr. 5.11 Pohled na model horizontálního lapáku písku (včetně regulátoru)**



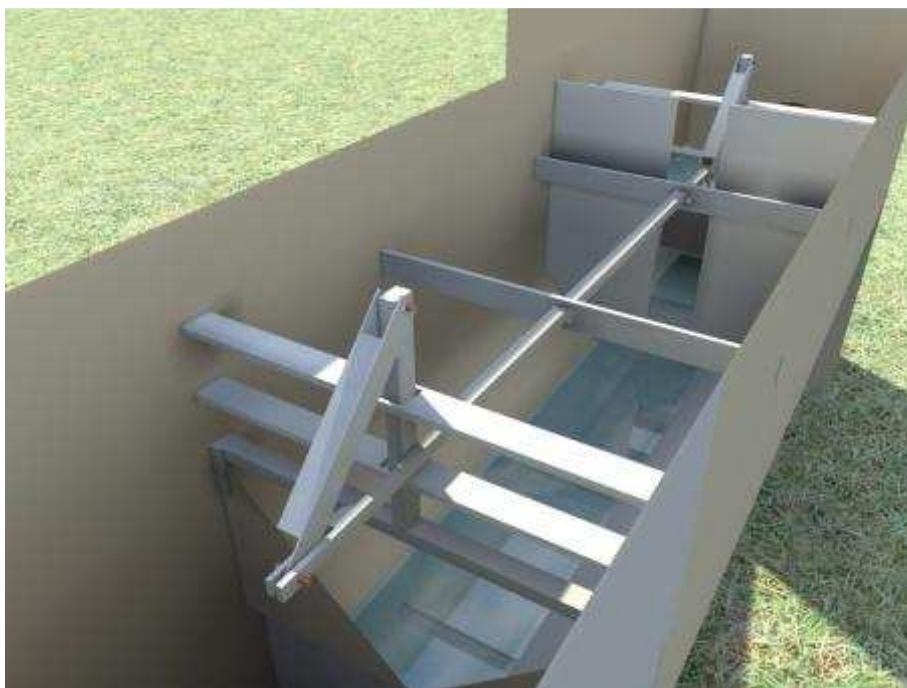
**Obr. 5.12 Nátoková část modelu lapáku písku**



**Obr. 5.13 Umístění plovákového zařízení v nátokové části**



**Obr. 5.14 Usazovací prostor s hlavní ovládací tyčí**



**Obr. 5.15 Pohled na konstrukci závěrečné části regulačního zařízení s Thomsonovým přelivem**



## 5.2 Měření průtoků v laboratoři

Při měření průtoků na modelu lapáku v laboratoři jsem využil přítokové části v místě česlí, před vlastním usazovacím prostor Obr. 5.16, kde jsem vyznačil dva úseky, první v 0,5 m vzdálenosti a druhý 1 m od výtoku. Nejprve jsem měřil průtoky od jednotlivých čerpadel viz. Tab. 5.3 a na závěr jejich kombinace, tak jak je to vidět v Tab. 5.4.

Měření průtoků v modelu bylo časově náročné a s největší pravděpodobností ne příliš přesné. Dostatečné množství naměřených hodnot v laboratoři nám umožnilo spočítat nejistoty typu A a B pro zjištění jednotlivých nepřesností.



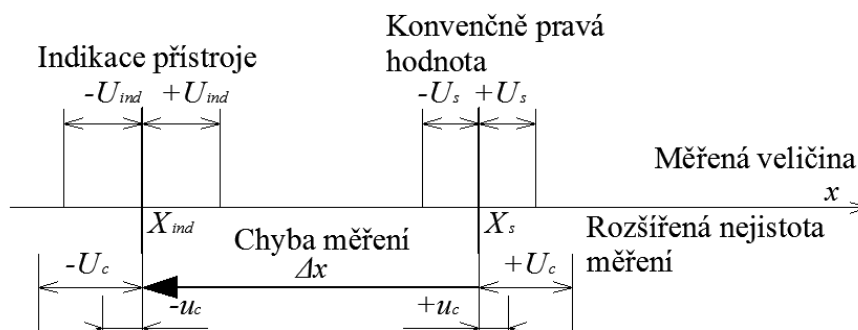
Obr. 5.16 Měření průtoků na laboratorním modelu

### 5.3 Stanovení nejistot měření

Účelem stanovení nejistot při měření je zjištění intervalu hodnot okolo výsledku měření, který lze přiřadit k hodnotě měřené veličiny. Nejistota měření zjištěná při kalibraci je základem pro zjištění nejistot měření ve výrobě, kontrole a zkušebně (Starý, 2007).

Nejistoty měření se do běžné praxe dostaly teprve nedávno, zhruba okolo roku 1990. V tomto roce byl zveřejněn dokument WECC 19/90, který jako jeden z prvních sjednocoval předpisy pro nejistoty, byl závazný pro akreditované laboratoře v rámci organizace WECC (Západoevropského kalibračního sdružení), (Starý, 2007).

Vztah mezi chybou a nejistotou je znázorněn na grafickém znázornění Obr. 5.17:



Obr. 5.17 Základní schéma

$$\Delta x = x_{ind} - x_s \quad 5.1$$

$$u_c = \sqrt{(u_{xind}^2 + u_{xs}^2)} \quad 5.2$$

kde je:

$U_{ind}$  – rozšířená nejistota indikace zkoušeného měřidla

$U_s$  – rozšířená nejistota konvenčně pravé hodnoty

$U_c$  – rozšířená nejistota měření

$\Delta x$  – chyba měření

$x_{ind}$  – indikace zkoušeného přístroje

$x_s$  – konvenčně pravá hodnota

$u_c$  – standardní kombinovaná nejistota chyby měření ( $2 \times u_c = U_c$ )

$u_{xind}$  – standardní nejistota hodnoty  $x_{ind}$

$u_{xs}$  – standardní nejistota hodnoty  $x_s$

### 5.3.1 Postup vyhodnocení nejistot při měření a kalibracích

Na počátku jakéhokoli vyhodnocení nejistot stojí detailní porozumění podstatě prováděného měření, popsaného (nebo popsatelného) modelem měření.

To samozřejmě neznamená nutnost detailní znalosti principů, funkcí a konstrukčních detailů každého měřicího přístroje, ale znalost metody měření a schopnost rozhodnout, jaké vlivy mohou působit v průběhu měření jako zdroje nejistoty a ovlivnit výsledek. Mnohdy jsou tyto informace obsaženy v návodu k použití konkrétních přístrojů, nebo v popisu již prověřených metod měření (Starý, 2007).

Model měření tedy musí být schopen popsat nejen vlastní měření, ale též i to, jak se do výsledku promítají ovlivňující vlivy z okolí, které představují jednotlivé zdroje výsledné nejistoty. Někdy jde o naprosto triviální modely, s jednoduchými vazbami, jindy může mít i zdánlivě jednoduché měření velice komplikovaný model a vazby ovlivňujících veličin se ani nemusí podařit přesně popsat. Vlakových případech je nutné se uchýlit k odhadům na základě zkušeností, nebo dostupných informací z literatury, dřívějších měření a podobných zdrojů (Starý, 2007).

### 5.3.2 Dělení typu nejistot

Existuje základní rozdělení nejistot podle způsobu, kterým byly získány, a to na nejistoty:

- *typu A*
- *typu B*

Z matematické statistiky byla jako míra nejistoty zvolena směrodatná odchylka příslušného rozdělení pravděpodobnosti pro jednotlivé zdroje nejistot. Nejistoty typu A a typu B se liší jen způsobem, jakým je tato směrodatná odchylka získána (Starý, 2007).

### 5.3.3 Výpočet nejistoty typu A

Definice pro nejistotu *typu A* říká, že tato je stanovena výpočtem z opakované provedených měření dané veličiny (Starý, 2007). Každý se již zřejmě setkal se skutečností, že pokud provede opakovaný odečet hodnoty neměnné měřené veličiny a má k dispozici měřicí přístroje s dostatečným rozlišením, bude v takto provedených odečtech patrný jistý rozptyl. Přitom se předpokládá, že během tohoto opakovaného odečtu se nemění ani měřená veličina, ani ovlivňující podmínky, které mohou na měření působit. Je uvedeno, že mírou nejistoty typu A je výběrová směrodatná odchylka

výběrového průměru. (Výběrová proto, že naměřené hodnoty představují určitý malý výběr z prakticky nekonečného množství hodnot, kterých by mohla měřená veličina nabývat. Výběrového průměru proto, že hodnota, která se uvádí jako výsledek měření, se získá výpočtem průměrné hodnoty takto opakovaně provedených odečtu, tedy sečtením všech hodnot a vydělením součtu počtem provedených odečtu). Tomuto matematickému názvu též odpovídá příslušný vztah, podle kterého se standardní nejistota typu A vypočte (Starý, 2007).

$$u_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad 5.3$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad 5.4$$

Aby však tento vztah platil, předpokládá se provedení alespoň 10 odečtu, ze kterých je pak nejistota typu A vypočtena. Není-li možné dodržet tuto podmínku, je nutno provést doplňkovou korekci, která zohlední malý počet opakování měření (Starý, 2007).

Pokud je počet opakovaných měření  $n < 10$  a není možné učinit kvalifikovaný odhad na základě zkušeností, lze standardní nejistotu typu A stanovit ze vztahu:

$$u_A = k_s \cdot s_x \quad 5.5$$

kde je  $k_s$  koeficient, jehož velikost závisí na počtu měření  $n$ , viz Tab. 5.1.

**Tab. 5.1 Opravné koeficienty**

n	9	8	7	6	5	4	3	2
$K_s$	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>	<b>1,4</b>	<b>1,7</b>	<b>2,3</b>	<b>7,0</b>

Při větším počtu měření než 9 je  $k_s = 1$  (doporučuje se volit počet měření  $> 10$ , v krajním případě  $> 5$ ).

#### 5.3.4 Výpočet nejistoty typu B

Na rozdíl od nejistoty typu A, která byla stanovena z opakovaných měření, pro složky nejistoty typu B platí, že jsou stanoveny jinak než opakovaným měřením. Rozdíl mezi typem A a typem B je tedy jasný, problém však je v tom, jak jinak je tedy nejistota typu B stanovena. Zde je nutné nejprve najít všechny možné (Starý, 2007).

#### 5.3.4.1 Možné zdroje nejistot typu B

Pro většinu případů měření elektrických veličin, nebo ostatních veličin, které jsou vhodnými převodníky převedeny na elektrické signály (což je v poslední době případ většiny měření), je možné vybírat z následujících zdrojů:

vlivy vázané na použité přístroje, etalony a vybavení

- nejistoty kalibrace nebo ověření
- stabilita (časová specifikace) přístrojů
- dynamické chyby přístrojů
- zanedbané systematické chyby
- vnitřní tření v přístrojích
- rozlišitelnost/rozlišení odečtu z přístrojů (v některých případech může nahradit nejistotu typu A)
- hystereze, mrtvý chod
- specifikace výměnných částí přístrojů

vlivy okolního prostředí a jejich změny

- tlak, změna tlaku
- relativní vlhkost
- magnetické pole
- elektrické pole
- osvětlení, příp. jeho frekvence a tepelné vyzařování
- hustota vzduchu
- čistota prostředí, ovzduší, prašnost
- napájecí napětí, stabilita, frekvence, harmonické zkreslení
- zemní smyčky

vlivy metody

- ztráty, svodové proudy
- interakce s měřeným předmětem
- nejistoty použitých konstant
- vlivy reálných parametru, oproti ideálním, uvažovaným v modelech
- vlastní ohřev
- odvod či přestup tepla

vlivy operátora

- nedodržení metodik
- paralaxa
- elektrostatické pole
- tepelné vyzařování
- osobní zvyklosti

ostatní vlivy

- náhodné omyly při odčítání nebo zápisu hodnot
- těžko postihnutelné globální vlivy (vliv Měsíce, vlivy ročních období, vlivy denní doby, vliv polohy ionosféry a podobně).

#### 5.3.4.2 Postup při určování nejistot typu B

- Vytipují se možné zdroje nejistot  $Z_1, Z_2 \dots Z_n$ .
- Určí se standardní nejistoty typu B  $u_{BZj}$  každého zdroje nejistot (převzetím hodnot z technické dokumentace/kal.listy, technické normy, údaje výrobce ... /, nebo odhadem).

Postup:

- Odhadne se maximální rozsah změn  $\pm \Delta z_{\max}$  (např. od měřené hodnoty). Velikost  $\Delta z_{\max}$  se volí tak, aby její překročení bylo málo pravděpodobné.
- Uváží se, které rozdělení pravděpodobností nejlépe vystihuje výskyt hodnot v intervalu  $\pm \Delta z_{\max}$  a z tabulky rozdělení pravděpodobností odečteme konstantu  $K$  – někdy se používá značení ( $\chi$ )

Je-li pravděpodobnost výskytu hodnot v okolí středu intervalu vyšší než výskyt hodnot v krajích intervalu použijeme normální rozdělení. V případě že rozdělení pravděpodobností odchylek v intervalu  $\pm \Delta z_{\max}$  je přibližně stejné, nebo je není možné zodpovědně posoudit, předpokládá se stejná hodnota pravděpodobnosti pro všechny odchylky, tzn., volíme rovnoměrné rozdělení (Starý, 2007).

- Určí se nejistoty typu B z jednotlivých zdrojů  $Z_j$  ze vztahu:

$$u_{Bz} = \frac{\Delta z_{\max}}{\chi} \quad 5.6$$

kde  $K$  ( $\chi$ ) se zvolí dle rozdělení. Tato konstanta udává poměr maximální hodnoty  $\Delta z_{\max}$  ku směrodatné odchylce normálního rozdělení.

- 3) Celková nejistota **typu B** je dána geometrickým součtem nejistot jednotlivých zdrojů:

$$u_B = \sqrt{\sum u_{Bz}^2} \quad 5.7$$

### 5.3.5 Kombinovaná standardní nejistota

Kombinovaná standardní nejistota výsledku měření je geometrickým součtem nejistoty typu A a nejistoty typu B (Starý, 2007).

$$u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad 5.8$$

### 5.3.6 Rozšířená standardní nejistota U

Standardní kombinovaná nejistota  $u$  byla určena s pravděpodobností  $P = 68 \%$ , tj. pro koeficient rozšíření  $K = 1$ . Pro jinou pravděpodobnost se nejistota přepočte vynásobením koeficientem rozšíření  $K$  zvoleným dle tabulky „Koeficienty rozšíření“ (Starý, 2007).

$$U = k \times u \quad 5.9$$

Tab. 5.2 Koeficienty rozšíření

Koeficient rozšíření k	Pravděpodobnost P
1	68%
2	95%
2,58	99%
3	99,7%

V praxi se uvádí nejistota výsledku měření rozšířená koeficientem rozšíření  $k = 2$ , což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95 %. Pro zajištění přehlednosti je doporučeno uvádět všechny údaje analýzy nejistot tabulkou (viz Tab. 5.2). Tento postup stanovení nejistot vychází z předpokladu, že vstupní veličiny nejsou korelované a jedná se o přímé měření (Starý, 2007).

### 5.3.7 Výklad - Standardní a rozšířená nejistota

Jak již bylo v textu uvedeno, výše popsaným postupem se získá standardní kombinovaná nejistota. Standardní znamená, že při skládání byly použity hodnoty směrodatných odchylek. Při splnění jistých předpokladu je možné považovat rozdělení takto určené nejistoty za přibližné normální (Starý, 2007).

Z toho pak vyplývá, že takto vypočtená nejistota pokrývá asi 67 % možných výsledků, jinak řečeno, že asi 1/3 výsledku může padnout mimo takto stanovené pole nejistot.

Jelikož z metrologického hlediska je takováto situace dosti těžko přijatelná, přistupuje se k vynásobení standardní nejistoty rozšiřujícím koeficientem, který umožní získat pokrytí možných výsledku s vyšší pravděpodobností. K rozšiřování nejistoty lze přistupovat několika způsoby (Starý, 2007).

Bud se rozšiřující koeficient stanoví poměrně komplikovaným postupem tak, aby odpovídal požadované pravděpodobnosti pokrytí výsledku (např. 90%, 95% nebo 99,7%), přičemž se vychází z určení efektivního počtu stupňů volnosti měření a tabulek koeficientu *Studentova rozdělení* - (postup je uveden v dokumentu EA-4/02), (Starý, 2007).

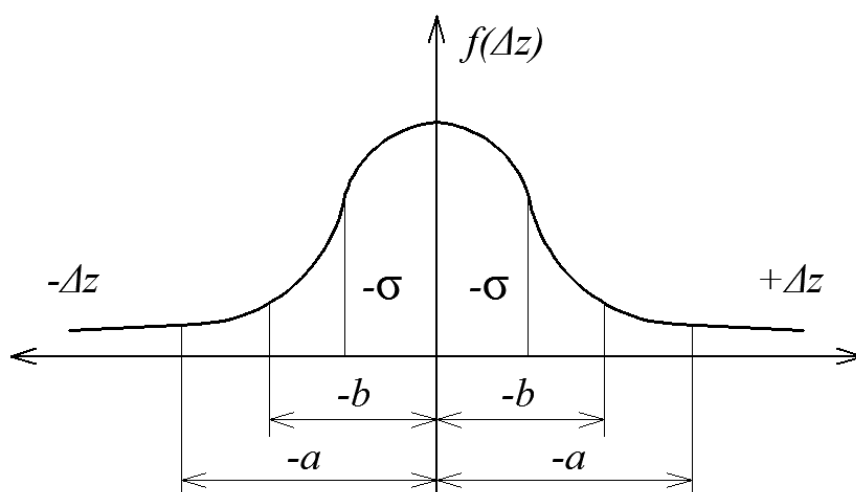
Jinou možností je určení rozšiřujícího koeficientu dohodou pro určitou hrubě odhadovanou pravděpodobnost pokrytí výsledku. Tento druhý postup je obvyklý v běžné praxi a z paralely s normálním rozdělením jsou vžité dva základní koeficienty 2 a 3 pro pravděpodobnosti pokrytí přibližné 95 % resp. 99,7 % (Starý, 2007).

#### 5.3.7.1 Standardní a rozšířená nejistota pro normální rozdělení

pásmo  $\pm\sigma$  představuje standardní nejistotu,

pásmo  $\pm b$  představuje rozšířenou nejistotu pro  $k = 2$

pásmo  $\pm a$  představuje rozšířenou nejistotu pro  $k = 3$ .



Obr. 5.18 Normální (Gaussovo) rozdělení



$$z_{\max} = a \quad \kappa = 3 \quad 5.10$$

$$z_{\max} = b \quad \kappa = 2 \quad 5.11$$

### 5.3.8 Shrnutí postupu výpočtu nejistoty

Při výpočtu nejistot lze postupovat dle následujících kroků (Starý, 2007).

1. provedou se opakovaná měření (pokud je to možné) a zaznamenají se hodnoty ovlivňujících veličin (teplota, tlak, vlhkost, atd.), které jsou složkami nejistoty typu B;
2. na odečtené hodnoty se aplikují veškeré nutné korekce (např. Znamých systematických chyb měřicích přístrojů);
3. stanoví se průměrná hodnota korigovaných odečtu a nejistota typu A,
4. určí se všechny zdroje nejistoty typu B.
5. pro každý zdroj nejistoty typu B se určí jeho krajní meze, mezi nimiž by se měla nacházet jeho skutečná hodnota;
6. pro každý zdroj nejistoty typu B se určí předpokládané rozdělení pravděpodobnosti výskytu jeho hodnot mezi krajními mezemi;
7. pomocí koeficientu  $v$  pro určená rozdělení se přepočtou krajní meze na hodnoty směrodatných odchylek, jako míry nejistoty,
8. pro jednotlivé složky nejistoty typu B (případně lež nejistoty typu A u nepřímých měření) se určí převodní (citlivostní) koeficienty vyjadřující vazbu mezi zdrojem nejistoty a měřenou veličinou;
9. posoudí se vzájemná vazba mezi jednotlivými zdroji nejistot, a pokud je významná, určí se korelační (vazební) koeficienty pro každý pár vzájemně se ovlivňujících složek,
10. pomocí Gaussova (příp. rozšířeného) zákona šíření nejistot se vypočítá kombinovaná nejistota typu B a obdobně i kombinovaná standardní nejistota.
11. určí se koeficient rozšíření pro požadovanou pravděpodobnost pokrytí a určí se rozšířená nejistota;
12. do protokolu se uvede výsledek měření, nejistota, koeficient rozšíření a další doplňující údaje s respektováním výše uvedených zásad pro desetinná místa, platné cifry a zaokrouhlování.

Nejistota výsledku měření odráží omezenou možnost znalosti hodnoty měřené veličiny. Kompletní znalost by vyžadovala nekonečné množství informace. Jevy přispívající k nejistotě a způsobující, že výsledek měření nemůže být charakterizován pouze jedním číslem, jsou nazývány zdroji nejistot. V praxi existuje mnoho možných zdrojů nejistot měření, dle (Starý, 2007) zahrnujících např.:

- nekompletní definici měřené veličiny
- nedokonalou realizaci definice měřené veličiny
- nereprezentativní vzorkování – naměřené hodnoty nemusí reprezentovat definovanou měřenou veličinu
- nedostatečnou znalost vlivů okolního prostředí nebo jejich nedokonalé měření
- vliv lidského faktoru při odečítání analogových měřidel
- omezené rozlišení měřicího přístroje nebo práh rozlišení
- nepřesné hodnoty měřicích etalonů a referenčních materiálů
- nepřesné hodnoty konstant a dalších parametrů získaných z externích zdrojů a použitých při výpočtu
- aproximace a zjednodušení obsažené v měřicí metodě a postupu
- změny v opakovaných pozorováních měřené veličiny, která jsou prováděna za zjevně shodných podmínek

Tab. 5.3 Jednotlivé průtoky čerpadel instalovaných v laboratoři

	Číslo měření	Čerp. 1		Čerp. 2		Čerp. 3		Čerp. 4	
		Čas t [s]	$(x_i - m(x))^2$	Čas t [s]	$(x_i - m(x))^2$	Čas t [s]	$(x_i - m(x))^2$	Čas t [s]	$(x_i - m(x))^2$
Měřeno na 0,5 m	1	0.60	0.007	0.67	0.000	0.55	0.001	0.65	0.017
	2	0.80	0.013	0.77	0.006	0.53	0.000	0.55	0.001
	3	0.80	0.013	0.73	0.001	0.61	0.007	0.59	0.005
	4	0.83	0.021	0.65	0.002	0.55	0.001	0.46	0.004
	5	0.69	0.000	0.72	0.001	0.55	0.001	0.44	0.007
	6	0.58	0.011	0.70	0.000	0.54	0.000	0.60	0.006
	7	0.48	0.042	0.76	0.005	0.54	0.000	0.43	0.008
	8	0.71	0.001	0.58	0.013	0.49	0.001	0.52	0.000
	9	0.65	0.001	0.63	0.004	0.55	0.001	0.54	0.000
	10	0.65	0.001	0.79	0.010	0.46	0.004	0.50	0.000
	11	0.72	0.001	0.60	0.008	0.48	0.002	0.54	0.000
	12	0.76	0.005	0.66	0.001	0.50	0.001	0.62	0.010
	13	0.80	0.013	0.75	0.003	0.63	0.011	0.52	0.000
	14	0.70	0.000	0.61	0.007	0.33	0.039	0.55	0.001
	15	0.66	0.001	0.68	0.000	0.46	0.004	0.58	0.003
	16	0.68	0.000	0.71	0.000	0.49	0.001	0.59	0.005
	17	0.59	0.009	0.72	0.001	0.56	0.001	0.47	0.003
	18	0.70	0.000	0.74	0.002	0.45	0.006	0.44	0.007
	19	0.77	0.007	0.74	0.002	0.50	0.001	0.46	0.004
	20	0.64	0.002	0.76	0.005	0.56	0.001	0.44	0.007
	21	0.61	0.006	0.64	0.003	0.50	0.001	0.66	0.019
	22	0.67	0.000	0.60	0.008	0.52	0.000	0.49	0.001
	23	0.62	0.004	0.61	0.007	0.50	0.001	0.61	0.008
	24	0.71	0.001	0.64	0.003	0.61	0.007	0.46	0.004
	25	0.73	0.002	0.56	0.017	0.59	0.004	0.49	0.001
	26	0.65	0.001	0.71	0.000	0.57	0.002	0.45	0.005
	27	0.70	0.000	0.75	0.003	0.56	0.001	0.42	0.010
	28	0.73	0.002	0.73	0.001	0.51	0.000	0.45	0.005
	29	0.65	0.001	0.79	0.010	0.58	0.003	0.56	0.002
	30	0.70	0.000	0.76	0.005	0.53	0.000	0.55	0.001
Průměr [s]		=	0.69	0.168	0.69	0.129	0.53	0.101	0.52
Standardní nejistota $\pm u_A$ [s]			<b>0.014</b>		<b>0.012</b>		<b>0.011</b>		<b>0.013</b>
Standardní nejistota $\pm u_A$ [%]			<b>2.025</b>		<b>1.757</b>		<b>2.042</b>		<b>2.453</b>
Rozšířená nejistota $\pm U_b$ [%]			<b>4.050</b>		<b>3.515</b>		<b>4.085</b>		<b>4.906</b>
Rozšířená nejistota $\pm U_a$ [%]			<b>6.076</b>		<b>5.272</b>		<b>6.127</b>		<b>7.358</b>
Vzdálenost [m]		=	<b>0.5</b>						
Rychlost [m/s]		=	<b>0.73</b>		<b>0.72</b>		<b>0.95</b>		<b>0.96</b>

Tab. 5.4 Kombinace čerpadel

Měřeno na 0,5 m	Číslo měření	Č. 1, 2		Č. 1, 3		Č. 1, 4		Č. 2, 3		Č. 2, 4		Č. 3, 4		Č. 1, 2, 3		Č. 1, 2, 4		Č. 1, 3, 4		Č. 2, 3, 4		Č. 1, 2, 3, 4		
		Čas t [s]	$(x_i - \mu(x))^2$	Čas t [s]	$(x_i - \mu(x))^2$	Čas t [s]	$(x_i - \mu(x))^2$	Čas t [s]	$(x_i - \mu(x))^2$	Čas t [s]	$(x_i - \mu(x))^2$	Čas t [s]	$(x_i - \mu(x))^2$	Čas t [s]	$(x_i - \mu(x))^2$	Čas t [s]	$(x_i - \mu(x))^2$	Čas t [s]	$(x_i - \mu(x))^2$	Čas t [s]	$(x_i - \mu(x))^2$	Čas t [s]	$(x_i - \mu(x))^2$	
		1	0.57	0.003	0.44	0.000	0.46	0.001	0.42	0.000	0.38	0.000	0.34	0.001	0.28	0.001	0.32	0.000	0.25	0.000	0.31	0.000	0.21	0.001
	2	0.55	0.001	0.41	0.000	0.37	0.002	0.37	0.002	0.37	0.001	0.32	0.007	0.31	0.000	0.28	0.002	0.27	0.000	0.27	0.000	0.23	0.000	
	3	0.53	0.000	0.42	0.000	0.47	0.002	0.40	0.000	0.36	0.002	0.40	0.000	0.28	0.001	0.33	0.000	0.28	0.000	0.27	0.000	0.28	0.001	
	4	0.46	0.002	0.42	0.000	0.38	0.001	0.43	0.000	0.46	0.002	0.45	0.001	0.30	0.000	0.29	0.001	0.27	0.000	0.26	0.000	0.21	0.001	
	5	0.55	0.001	0.50	0.006	0.49	0.005	0.43	0.000	0.45	0.001	0.36	0.002	0.31	0.000	0.30	0.000	0.25	0.000	0.29	0.000	0.22	0.000	
	6	0.53	0.000	0.35	0.004	0.39	0.000	0.44	0.000	0.44	0.001	0.42	0.000	0.30	0.000	0.31	0.000	0.26	0.000	0.27	0.000	0.23	0.000	
	7	0.49	0.000	0.42	0.000	0.47	0.002	0.42	0.000	0.38	0.000	0.43	0.000	0.34	0.000	0.32	0.000	0.23	0.002	0.26	0.000	0.24	0.000	
	8	0.46	0.002	0.46	0.001	0.33	0.007	0.38	0.001	0.43	0.000	0.33	0.006	0.28	0.001	0.34	0.000	0.25	0.000	0.30	0.000	0.21	0.001	
	9	0.53	0.000	0.44	0.000	0.46	0.001	0.41	0.000	0.43	0.000	0.37	0.001	0.30	0.000	0.27	0.003	0.24	0.001	0.24	0.002	0.21	0.001	
	10	0.47	0.001	0.42	0.000	0.47	0.002	0.46	0.001	0.40	0.000	0.41	0.000	0.29	0.000	0.30	0.000	0.30	0.000	0.26	0.000	0.22	0.000	
	11	0.49	0.000	0.38	0.001	0.31	0.011	0.37	0.002	0.43	0.000	0.34	0.004	0.39	0.004	0.38	0.002	0.30	0.000	0.33	0.001	0.28	0.001	
	12	0.48	0.000	0.39	0.000	0.44	0.000	0.38	0.001	0.39	0.000	0.33	0.006	0.36	0.001	0.34	0.000	0.31	0.000	0.26	0.000	0.29	0.002	
	13	0.50	0.000	0.50	0.006	0.39	0.000	0.47	0.002	0.43	0.000	0.29	0.013	0.36	0.001	0.41	0.006	0.29	0.000	0.24	0.002	0.27	0.000	
	14	0.42	0.007	0.45	0.001	0.45	0.001	0.41	0.000	0.39	0.000	0.30	0.011	0.29	0.000	0.33	0.000	0.31	0.000	0.25	0.001	0.26	0.000	
	15	0.53	0.000	0.41	0.000	0.43	0.000	0.37	0.002	0.36	0.002	0.39	0.000	0.35	0.000	0.37	0.001	0.25	0.000	0.28	0.000	0.23	0.000	
	16	0.61	0.010	0.40	0.000	0.41	0.000	0.47	0.002	0.39	0.000	0.48	0.005	0.40	0.006	0.36	0.000	0.22	0.003	0.23	0.003	0.29	0.002	
	17	0.51	0.000	0.39	0.000	0.47	0.002	0.36	0.003	0.41	0.000	0.35	0.003	0.27	0.002	0.35	0.000	0.33	0.002	0.35	0.003	0.22	0.000	
	18	0.49	0.000	0.35	0.004	0.47	0.002	0.42	0.000	0.38	0.000	0.42	0.000	0.34	0.000	0.31	0.000	0.32	0.001	0.35	0.003	0.20	0.001	
	19	0.62	0.012	0.39	0.000	0.41	0.000	0.38	0.001	0.47	0.003	0.42	0.000	0.23	0.008	0.37	0.001	0.21	0.004	0.33	0.001	0.27	0.000	
	20	0.46	0.002	0.40	0.000	0.33	0.007	0.44	0.000	0.34	0.004	0.37	0.001	0.37	0.002	0.37	0.001	0.31	0.000	0.32	0.001	0.29	0.002	
	21	0.53	0.000	0.52	0.010	0.49	0.005	0.46	0.001	0.38	0.000	0.4	0.000	0.32	0.000	0.34	0.000	0.31	0.000	0.27	0.000	0.22	0.000	
	22	0.47	0.001	0.36	0.003	0.42	0.000	0.40	0.000	0.39	0.000	0.38	0.000	0.36	0.001	0.27	0.003	0.35	0.005	0.33	0.001	0.23	0.000	
	23	0.44	0.004	0.33	0.007	0.41	0.000	0.42	0.000	0.37	0.001	0.37	0.001	0.3	0.000	0.35	0.000	0.28	0.000	0.3	0.000	0.21	0.001	
	24	0.65	0.020	0.49	0.005	0.44	0.000	0.35	0.004	0.42	0.000	0.36	0.002	0.38	0.003	0.29	0.001	0.30	0.000	0.31	0.000	0.24	0.000	
	25	0.52	0.000	0.47	0.002	0.37	0.002	0.41	0.000	0.42	0.000	0.34	0.004	0.31	0.000	0.39	0.003	0.28	0.000	0.32	0.001	0.27	0.000	
	26	0.42	0.007	0.39	0.000	0.34	0.005	0.46	0.001	0.44	0.001	0.35	0.003	0.33	0.000	0.32	0.000	0.32	0.001	0.32	0.001	0.27	0.000	
	27	0.49	0.000	0.47	0.002	0.47	0.002	0.45	0.001	0.46	0.002	0.3	0.011	0.33	0.000	0.28	0.002	0.24	0.001	0.25	0.001	0.24	0.000	
	28	0.53	0.000	0.38	0.001	0.38	0.001	0.46	0.001	0.39	0.000	0.47	0.003	0.31	0.000	0.33	0.000	0.25	0.000	0.3	0.000	0.25	0.000	
	29	0.47	0.001	0.40	0.000	0.4	0.000	0.44	0.000	0.43	0.000	0.37	0.001	0.29	0.000	0.35	0.000	0.29	0.000	0.29	0.000	0.25	0.000	
	30	0.45	0.003	0.38	0.001	0.38	0.001	0.40	0.000	0.45	0.001	0.35	0.003	0.32	0.000	0.34	0.000	0.31	0.000	0.3	0.000	0.23	0.000	
Průměr [s]	=	0.51	0.09	0.42	0.07	0.42	0.08	0.42	0.04	0.41	0.03	0.37	0.10	0.32	0.04	0.33	0.04	0.28	0.04	0.29	0.03	0.24	0.02	
Standardní nejistota ±u <sub>A</sub>			0.010		0.009		0.009		0.006		0.006		0.011		0.007		0.007		0.006		0.006		0.005	
Standardní nejistota ±u <sub>A</sub>			2.009		2.103		2.250		1.536		1.543		2.883		2.227		2.003		2.296		2.132		2.119	
Rozšířená nejistota ±U <sub>B</sub>			4.018		4.206		4.500		3.072		3.086		5.766		4.455		4.006		4.592		4.264		4.238	
Rozšířená nejistota ±U <sub>B</sub>			6.027		6.310		6.750		4.608		4.629		8.649		6.682		6.010		6.888		6.395		6.356	
Vzdálenost [m]													0.5											
Rychlost [m/s]	=	0.99		1.20		1.20		1.20		1.23		1.34		1.56		1.51		1.79		1.73		2.06		

#### 5.4 Regulátor průtočné plochy

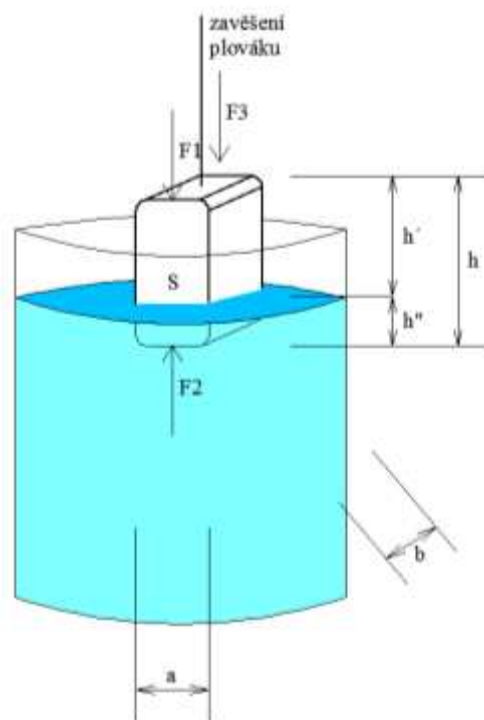
Výpočet regulačního plovacího prvku bude zajištěn tělesem (patrné z předchozích obrázků), ponořeným do protékající odpadní vody. Jako výrazné zjednodušení při teoretickém popisu hydraulické stránky proudění v lapáku písku uvažujeme hustotu kapaliny o konstantní teplotě, zanedbáváme přítomnost nerozpuštěných látek, které sice mají vliv na měrnou hmotnost odpadní vody, ale vlivem předimenzovaných rozměrů plováku výrazně neovlivní výslednou vztlakovou sílu. S obdobným předpokladem je navržen i plovákový prvek v modelu horizontálního lapáku písku – bez uvažování nerozpuštěných látek, konstantní teplota vody, zanedbání tření pohyblivých částí, apod.



Obr. 5.19 Upevnění regulačního systému



Obr. 5.20 Plováky použité na regulátor



Obr. 5.21 Archimédův zákon aplikovaný na plovákovém regulátoru

Do nátokové části před usazovacím prostorem tedy vkládáme plovákové těleso ve tvaru kvádrů o rozměrech  $a$ ,  $b$ ,  $h$  a hustotě  $\rho_t$  tak, že horní strana se nachází nad hladinou v úrovni  $h'$  nad volným povrchem kapaliny. Hustotu kapaliny označíme jako  $\rho_k$ .

Předpokládejme, že na těleso ponořené do kapaliny působí pouze tíhová síla  $F_G$  a hydrostatická vztlaková síla  $F_{vz}$ . Velikost tíhové síly lze vyjádřit ve tvaru  $F_G = m_g = V_{\rho_t g}$ . Velikost hydrostatické vztlakové síly vyjádříme ve tvaru  $F_{vz} = V_{\rho_k g}$ . Výslednice obou sil závisí na hustotě tuhého tělesa  $\rho_t$  a hustotě kapaliny  $\rho_k$ , v níž je těleso ponořeno, neboť:

$$F = F_G - F_{vz} = Vg (\rho_t - \rho_k) \quad 5.12$$

Plovákové těleso je tedy ze středu horní plochy připevněno na svislou tyč, na kterou navazuje pohyblivá soustava profilů, vedoucí až na opačný konec regulátoru, tvořený Thomsonovým přelivem.

Soustava lehkých hliníkových profilů, popsána níže, zajišťuje tedy regulaci přelivné plochy. Během procesu snižování/zvyšování hladiny se do pohybu promítá několik veličin, ovlivňujících účinnost regulátoru:

- Odpor mezi svislou tyčí a dvěma bočními deskami – během vertikálního pohybu dochází k tření mezi pevně přikotvenými deskami a pohybující se tyčí. Nejvýhodněji se jeví použití ložiskových prvků anebo kombinace materiálů – svislá tyč tvořena hliníkovým profilem čtvercového průřezu, vodící desky tvořeny polypropylénem o tloušťce stěny minimálně 10 mm.
- Hmotnost regulačního zařízení – na svislou tyč navazující druhá tyč ve sklonu  $45^\circ$  oproti horizontální rovině. Tato tyč je spojena s hlavní horizontální posuvnou tyčí, tvořenou stejným hliníkovým profilem, jako svislá tyč vedoucí z plováku. Na opačném konci horizontálně umístěného profilu se opět nachází ve sklonu  $45^\circ$  obdobná tyč jako v nátokové části. V horní části je přeliv spojen opět se svislou tyčí, (hliník, měrná hmotnost  $2100 \text{ kg.m}^{-3}$ ),
- Odpor třením pohybem regulačního přelivu – pohyb regulačního přelivu ve svislém směru musí zároveň zajistit dokonalou izolaci po hydraulické stránce. Obvod přelivné stěny je zatěsněn pryžovým těsněním, vlivem pohybu vzniká tření.

Všechny výše jmenované vlivy je složité stanovit teoretickým výpočtem, navíc by byly zatíženy výraznou chybou, proto jsou při výpočtu zanedbány a následně změřeny až při samotném laboratorním pokusu.

## 5.5 Konstrukční řešení regulátoru

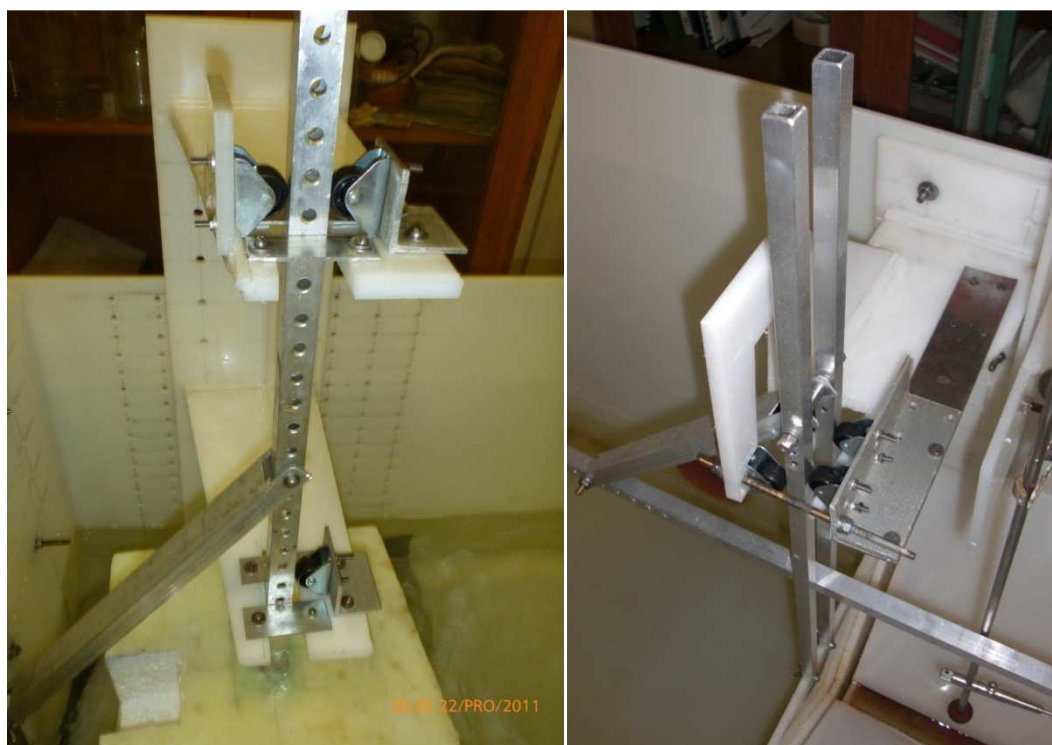
V předchozí kapitole je na jednotlivých obrázcích znázorněn nejen samotný model horizontálního lapáku písku se zkrácenou délkou usazovacího prostoru na délku 1,0 m (z typizované řady 4,80 m - 6,00 m – 9,00 m – 12,00 m), ale také inovující regulační zařízení, umožňující změnu průtočné plochy v závislosti na průtoku. Regulátor je sestaven z několika dílčích částí:

1. Plovák – vytvořený z polystyrénové desky, vytvarované do kvádrového tělesa se zakulacenými spodními hranami tak, aby se těleso negativně nepodílelo na hydraulice proudění vody. Rozměry plováku jsou 30 x 30 x 25 cm, objem plováku je přibližně 22,5 litrů. Rozměry jsou pro první měření cíleně předimenzované, aby bylo možné ihned při první kalibraci modelu zajistit dostatečnou regulaci (vyvinutím výraznější vztahové síly). Polystyrénový plovák je po celém obvodu chráněn epoxidovou pryskyřicí v kombinaci s hrubou tkaninou. Takto vytvořený obal zajistí tvarovou stálost a odolnost vůči poškození plovoucími nečistotami v případě aplikace v provozních podmínkách.
2. Do středu plováku (v pohledu shora) je osazena svislá hliníková tyč o čtvercovém průřezu 20 x 20 mm, délky 45cm nad plovákový prvek. Tyč je po vzdálenostech 20 mm navrtána opět z důvodu následné regulace a nastavování celého zařízení. Svislá tyč je k tělesu plováku připevněna dostatečně stabilním ukotvením a v prostoru spoje pevně připojena epoxidovou pryskyřicí. Tyč je koncipována tak, aby i při uchycení k samotnému lapáku písku bylo umožněno pohybu ve vertikálním směru (vlivem vzestupu/poklesu hladiny přitékající vody). Uchycení je zajištěno pomocí dvou horizontálních plastových desek, vzdálených od sebe ve svislém směru minimálně 20 cm. V obou deskách jsou vyřezány otvory takové, aby nezpůsobovaly během pohybu vertikální tyče výrazné třecí odpory.
3. Na popsanou tyč navazuje další hliníkový profil, umístěný tak, že svírá s horizontální rovinou 45°. Uchycení k předchozímu popsanému profilu je provedeno pomocí šroubu M8, co možná nejlépe vypodloženého tak, aby vůle ve všech otvorech byla co nejmenší. Podrobně na obr. 3.3. Obdobně je provedeno i uchycení na opačném konci šikmého profilu.



Popsaný šikmý profil je dlouhý přibližně 40 cm, okraje jsou záměrně zakulacené z bezpečnostních důvodů.

4. Třetím profilem je dlouhý horizontální přechod přes usazovací prostor, realizovaný opět hliníkovou tyčí čtvercového profilu 20 x 20 mm. Tento profil je na obou koncích opět provrtán otvory (po vzdálenostech 20 mm) z důvodu dodatečného nastavování a regulace nastavovacího zařízení.
5. Na konci dlouhé horizontální tyče je opět několik vyvrtaných otvorů (z výše popsaných důvodů), navazující šikmý krátký profil opět ve zkosení  $45^\circ$  je přichycen obdobně pomocí šroubu, provedené skrz dlouhý horizontální přechod. Profil je obdobně uchycen i na opačném konci k vertikálnímu profilu, na který je pevně připojen Thomsonův ostrohranný přeliv.



Obr. 5.22 Systém uchycení plováku vlevo a systém uchycení Thomsonova přelivu vpravo

## 6 Zpracování a vyhodnocení výsledků

### 6.1 Teoretické výsledky

Pro teoretické zpracování a vyhodnocení výsledků byl vybrán horizontální lapák písku, jehož délka usazovacího prostoru je 4,8 m. Postup stanovení teoretické doby zdržení proudící odpadní vody v usazovacím prostoru vychází z minimální možné výšky Thomsonova přelivu, tj. rozdíl nejnižšího bodu přelivné hrany nad nejnižše položeným místem v usazovacím prostoru. Pozorována je teoretická doba zdržení vody v usazovacím prostoru  $t_{UP}$ , která je průběžně srovnávána s časem  $t_{US}$ , potřebným k usazení zrna písku o průměru 0,08 mm. Jakmile dojde vlivem zvyšování průtoku lapákem písku k vyrovnání doby zdržení vody a času potřebného k usazení, nastává změna v postupu vyhodnocení. Názorné srovnání lze najít v Tab. 6.1, Tab. 6.2, a grafickém zobrazení na Graf 6.5 Závislost doby usazování a doby zdržení na průtoku lapákem písku Graf 6.6 Závislost doby usazování a doby zdržení na průtoku lapákem písku Graf 6.5 a Graf 6.6, na kterých je pozorovatelný výrazný rozdíl ve výsledných hodnotách zdržení vody, resp. usazení zrna písku.

V Tab. 6.1, Tab. 6.2 se vyskytují následující veličiny:

$d_1$  [ m ] – Výškový posun Thomsonova přelivu – v první tabulce nulové hodnoty v celém sloupci prezentují umístění přelivu v nejnižší možné poloze za usazovacím prostorem. V následující druhé tabulce se Thomsonův přeliv z nulových hodnot zvedá, ty představují teoretické posunutí přelivu směrem vzhůru za účelem vyrovnání doby zdržení odpadní vody v usazovacím prostoru a času potřebného k usazení částic písku a dalších tuhých nečistot.

$d$  [ m ] - Převýšení Thomsonova přelivu – bez použití regulačního prvku je převýšení nulové, resp. v obr. 6.1 konstantní na hodnotách 50 mm, 100 mm, 150 mm (hodnoty vychází ze skutečných zjištěných naměřených výšek na KČOV). Při uvažování regulačního prvku dochází k plynulému navyšování Thomsonova přelivu v závislosti na přítoku odpadní vody.

$h$  [ m ] - Hloubka průtočného paprsku – veličina závislá na přítoku odpadní vody. Při minimálních průtocích je hodnota minimální a analogicky větší průtoky způsobí vyšší hodnoty hloubky průtočného paprsku v usazovacím prostoru

- $\eta$  [kg.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>] - dynamická viskozita vody
- $Q$  [ l/s ] – Průtok odpadní vody lapákem písku podle Kinga

$$Q = 1,343 h^{2,47}$$

6.1

(vzorec podle typizované řady horizontálních lapáků písku)

- $S$  [ m<sup>2</sup> ] - Průtočná plocha – plocha daná profilem usazovacího prostoru – na příkladě typizované řady horizontálních lapáků písku se jedná o trojúhelníkový profil, který je v nejhlubším místě rozšířen o šířku 60 mm.

$$S = (d + h)^2 + (0,06 h)$$

6.2

- $v$  [ m/s ] - rychlost proudění vody v lapáku písku – resp. v usazovacím prostoru výše popsaném.

$$v = Q / S$$

6.3

- $t_{UP}$  [ s ] - doba zdržení vody v usazovacím prostoru – doba zdržení je dána přítokem odpadní vody, resp. rychlostí proudění odpadní vody usazovacím prostorem, a délkou usazovacího žlabu.

$$t_{UP} = \frac{L_{LP}}{v}$$

6.4

kde je:

$L_{LP}$  – délka lapáku písku (usazovacího prostoru)

$v$  – rychlost proudění vody v lapáku písku

- $t_{US}$  [ s ] - Doba usazování zrna 0,08 mm

$$t_{US} = \frac{(d + h)}{v}$$

6.5

kde je:

$d$  - průměr zrna

$h$  – výška usazování

$v$  - rychlost proudění vody v lapáku písku

- $v_{\varepsilon} [ \text{m.s}^{-1} ]$  - rychlost klesání částice o průměru 0,08 mm v kapalině.

Pro čistou vodu platí, že rychlost klesání částice je  $v_{\varepsilon} = 0,0044 \text{ m.s}^{-1}$ .

$$v_{\varepsilon} = \frac{2}{9} g \frac{\rho_s - \rho_w}{\eta} \left( \frac{d}{2} \right)^2 \quad 6.6$$

kde je:

$v_{\varepsilon} [ \text{m/s} ]$  - rychlost klesání částice v kapalině

$g [ \text{m/s}^2 ]$  - gravitační zrychlení

$\rho_s [ \text{kg/m}^3 ]$  - měrná hmotnost zrn zeminy

$\rho_w [ \text{kg/m}^3 ]$  - měrná hmotnost vody

$\eta$  - dynamická viskozita vody

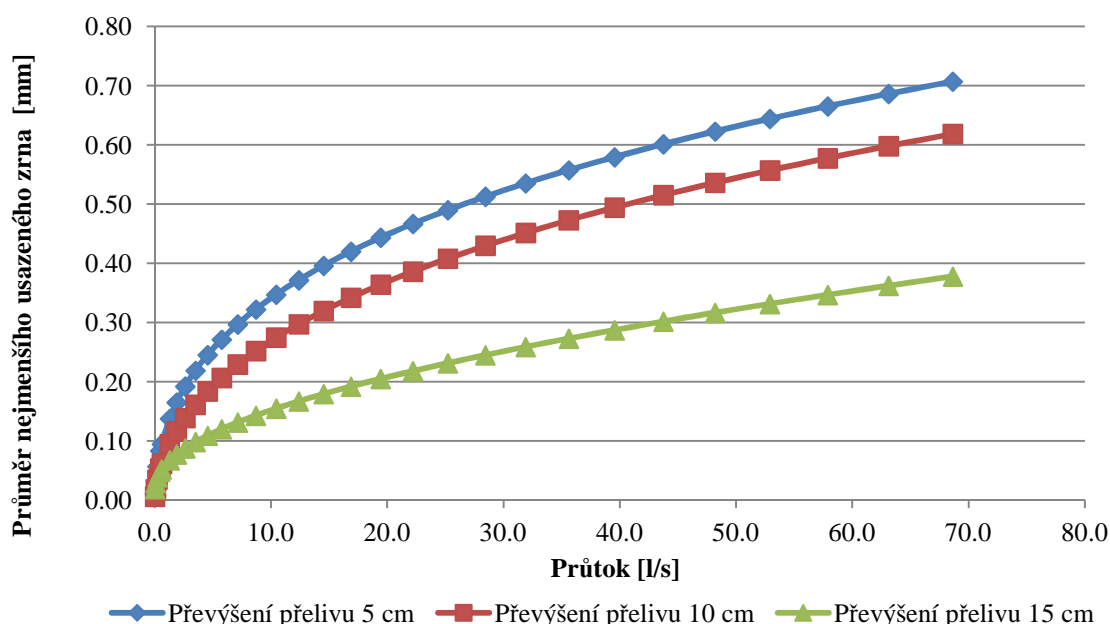
$d [ \text{mm} ]$  - průměr zrna

### 6.1.1 Teoretické výsledky LPŠ480

Vnitřní délka usazovacího prostoru typizovaného šterbinového lapáku písku  $L_{PL} = 4,8$  m.

Výpočet průtokových a sedimentačních parametrů LPŠ480 uvedený v Tab. 6.1 vychází z následujícího postupu:

- $h$  [m] – stanovení hloubky průtočného paprsku na Thomsonově přelivu
- $Q$  [ $m^3/s$ ], [l/s] – výpočet průtoku, vycházející z dané hladiny vody na Thomsonově přelivu
- $d$  [m] - převýšení Thomsonova přelivu nad dnem usazovacího prostoru
- $S$  [ $m^2$ ] – průtočná plocha – při nulovém převýšení Thomsonova přelivu trojúhelníkový profil popsany výše, s postupným navyšováním přelivu (aplikace regulátoru) změna tvaru průtočné plochy
- $v$  [m/s] – průtočná rychlost
- $t_p$  [s] – čas, za který voda projde lapákem písku
- $t_u$  [s] – čas usazování
- $N_{zrna}$  [mm] - nejmenší průměr usazeného zrna



Graf 6.1 Průměry nejmenších usazených zrn za různých průtoků

Na Graf 6.1 je cíleně zobrazen průběh tří křivek. Hodnoty převýšení vychází ze skutečných a v praxi běžně užívaných pevných nastavení Thomsonova přelivu. Přesto, že navržené typizované lapáky LPŠ jsou dimenzovány na maximální průtok cca 2,9 l/s,

dochází během reálných dešťových průtoků k několikanásobnému navýšení průtoků oproti dimenzovaným hodnotám. Jako příkladné porovnání berme: přeliv pevně nastaven na výšce 5 cm (převýšení oproti dnu usazovacího prostoru) a přeliv na výšce 15 cm při průtoku 30 l/s. Níže nastavený přeliv zadrží zrna o velikosti 0,53 mm (a větší), oproti tomu vyšší přeliv zajistí při stejném průtoku zachycení zrn 0,25 mm (a větší), což je výsledek ve srovnání naprosto odlišný výsledek. Z tohoto důvodu je nutno zajistit dodatečnou regulaci, která zajistí zachycení pokud možno stejného zrna při jakémkoliv průtoku odpadní vody.

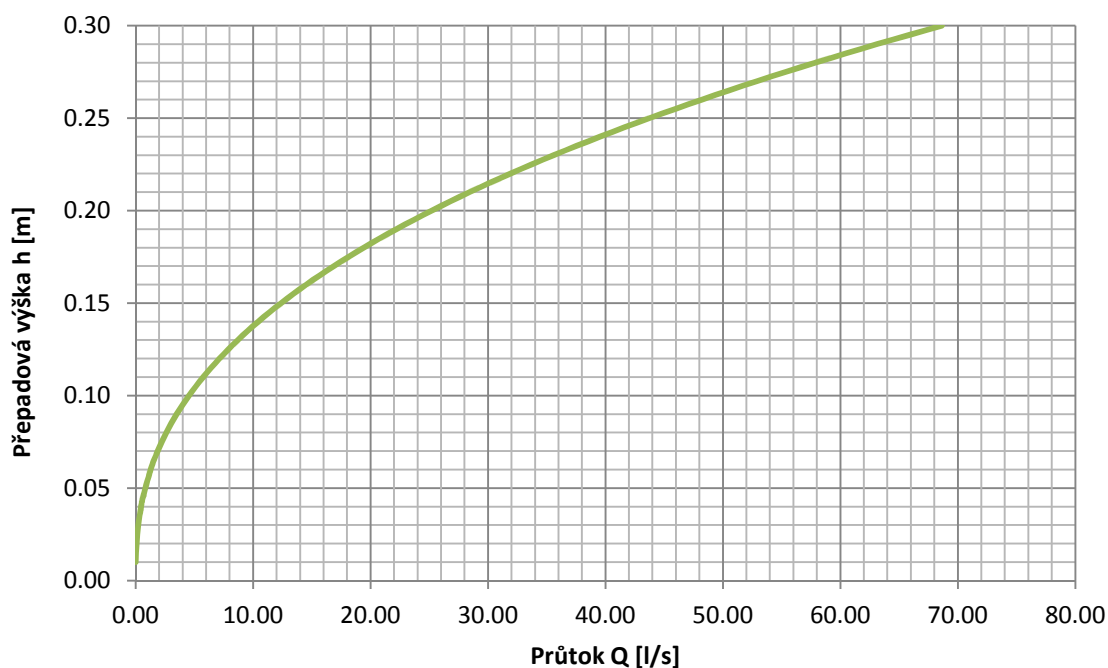
První zobrazení – závislost doby zdržení protékající odpadní vody usazovacím prostorem podle výšky odtékající vody (hladina měřená na Thomsonově ostrohranném přelivu). Zároveň je v grafu zobrazena závislost doby usazování zrna písku, opět ve vztahu k přelivné výšce naměřené na Thomsonově přelivu. Tři hyperbolicky zakřivené čáry vyznačují dobu zdržení, nejnižší křivka odpovídá pevné poloze Thomsonova přelivu 5,0 cm nade dnem usazovacího prostoru. Následující křivka zobrazuje průběh při navýšení o dalších 5,0 cm na výslednou hodnotu 10,0 cm nade dnem usazovacího prostoru. Třetí, nejvyšší, vykresluje průběh doby zdržení odpadní vody při výšce 15,0 cm nade dnem usazovacího prostoru. Popsané křivky jsou protnuty třemi přímkami, které představují průběh doby usazování zrna. První přímka, umístěná nejvíce vlevo, vypovídá o průběhu doby usazování zrna písku v případě nastavení Thomsonova přelivu na kótě 5,0 cm nade dnem usazovacího prostoru. Následující další přímka vpravo zobrazuje stejný průběh při nastavení přelivu na výšce 10 cm a poslední přímka prezentuje průběh při výšce přelivu 15,0 cm nad usazovacím prostorem. Podstatné jsou vždy průsečíky dvou křivek: doby zdržení vody vs. doby usazování zrna pokaždé při stejném nastavení výšky Thomsonova přelivu.

Velice názorné v grafu je, že např. při změřené hladině vody na Thomsonově přelivu je okamžitě patrné, zda dochází k sedimentaci menších zrn než  $d = 0,08$  mm anebo naopak je doba zdržení natolik krátká, že se neusadí ani požadovaný minerální materiál.

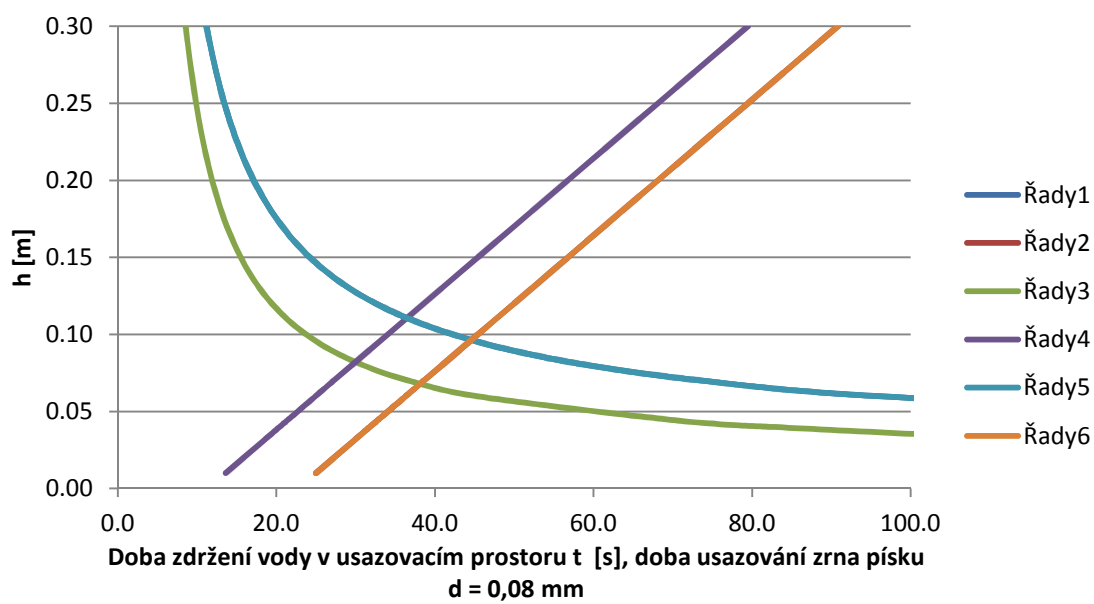
Konkrétní příklad:

Thomsonův přeliv je umístěn na výšce  $h = 5,0$  cm nade dnem usazovacího prostoru. Zároveň je nad přelivem změřena přepadová výška 15,0 cm. Při odečtu z grafu se postupuje dle následujícího: na svislé ose Y vybereme výšku 15,0 cm a přesouváme se vodorovně doprava ve směru osy X. Protože nejdříve protneme křivku zobrazující dobu zdržení, znamená to, že v lapáku se odpadní voda zdrží kratší dobu, než je doba potřebná k usazení zrna písku  $d = 0,08$  mm. Druhá varianta nastává, pakliže při stejném nastavení přelivu je naměřená výška přepadajícího paprsku 5,0 cm. Opět, výběr výšky 5,0 cm na svislé ose Y, postup směrem doprava nejprve protne křivku usazování zrna, tzn., dochází k sedimentaci minerálních částic menších, než  $d = 0,08$  mm.

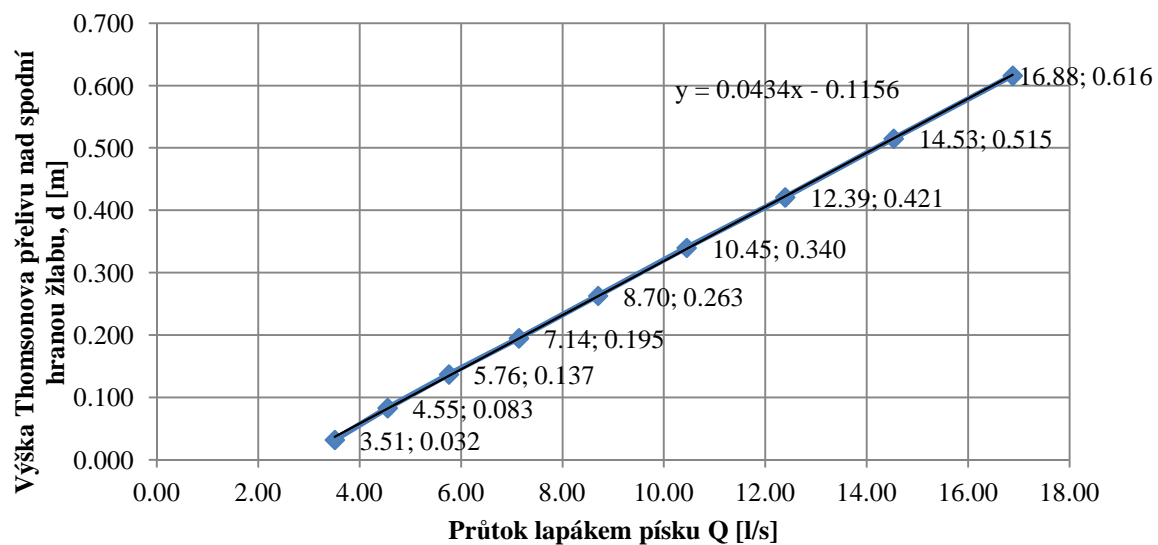
Pokud je potřeba pracovat s průtoky, poslouží k odečtu Graf 6.2 (zobrazení měrné křivky Thomsonova přelivu). Následující dva grafy poslouží zobrazení nutnosti regulace s přelivem za účelem vyrovnání doby zdržení vody v usazovacím prostoru s dobou usazování minerálního zrna písku o průměru  $d = 0,08$  mm.



Graf 6.2 Měrná křivka Thomsonova přelivu



Graf 6.3 Zobrazení doby zdržení vody v lapáku písku LPŠ480 a potřebné doby usazování zrna v závislosti na hladině přitékající vody



Graf 6.4 Ideální nastavení výšky regulačního přelivu na LPŠ 480 pro zachování potřebné doby usazování zrna písku



**Tab. 6.1 Stanovení průtokových a sedimentačních parametrů LPŠ480**

h [m]	Q [m³/s]	Q [l/s]	d <sub>1</sub> = 0.05 m					d <sub>2</sub> = 0.1 m					d <sub>3</sub> = 0.15 m				
			S [m²]	v [m/s]	t průtoku [s]	t usazová ní [s]	N <sub>zrna</sub> [mm]	S [m²]	v [m/s]	t průtoku [s]	t usazová ní [s]	N <sub>zrna</sub> [mm]	S [m²]	v [m/s]	t průtoku [s]	t usazová ní [s]	N <sub>zrna</sub> [mm]
0.01	0.00002	<b>0.02</b>	0.004	0.004	1120.6	13.6	0.011	0.012	0.001	3766.6	25.0	0.006	36.336	0.012	396.7	36.3	0.019
0.02	0.00009	<b>0.09</b>	0.005	0.017	275.3	15.9	0.032	0.014	0.006	809.1	27.3	0.019	38.607	0.014	333.3	38.6	0.029
0.03	0.00023	<b>0.23</b>	0.006	0.036	132.1	18.2	0.057	0.017	0.014	348.8	29.5	0.035	40.878	0.017	284.0	40.9	0.039
0.04	0.00047	<b>0.47</b>	0.008	0.058	82.1	20.4	0.083	0.020	0.024	198.8	31.8	0.054	43.149	0.020	244.9	43.1	0.048
0.044	0.00061	<b>0.61</b>	0.009	0.068	70.3	21.4	0.095	0.021	0.029	164.8	32.7	0.062	44.103	0.021	230.8	44.1	0.052
0.06	0.00129	<b>1.29</b>	0.012	0.106	45.1	25.0	0.138	0.026	0.050	95.4	36.3	0.095	47.691	0.026	187.5	47.7	0.068
0.07	0.00189	<b>1.89</b>	0.014	0.131	36.7	27.3	0.165	0.029	0.065	73.6	38.6	0.116	49.962	0.029	166.1	50.0	0.078
0.08	0.00262	<b>2.62</b>	0.017	0.155	30.9	29.5	0.192	0.032	0.081	59.3	40.9	0.139	52.233	0.032	148.1	52.2	0.088
0.09	0.00351	<b>3.51</b>	0.020	0.179	26.8	31.8	0.219	0.036	0.097	49.4	43.1	0.161	54.504	0.036	133.0	54.5	0.098
0.10	0.00455	<b>4.55</b>	0.023	0.202	23.7	34.1	0.245	0.040	0.114	42.2	45.4	0.184	56.775	0.040	120.0	56.8	0.109
0.11	0.00576	<b>5.76</b>	0.026	0.225	21.3	36.3	0.271	0.044	0.131	36.8	47.7	0.207	59.046	0.044	108.8	59.0	0.120
0.12	0.00714	<b>7.14</b>	0.029	0.247	19.4	38.6	0.297	0.048	0.148	32.5	50.0	0.229	61.317	0.048	99.2	61.3	0.131
0.13	0.00870	<b>8.70</b>	0.032	0.269	17.9	40.9	0.322	0.053	0.164	29.2	52.2	0.252	63.588	0.053	90.7	63.6	0.143
0.14	0.01045	<b>10.45</b>	0.036	0.289	16.6	43.1	0.347	0.058	0.181	26.5	54.5	0.275	65.859	0.058	83.3	65.9	0.155
0.15	0.01239	<b>12.39</b>	0.040	0.310	15.5	45.4	0.371	0.063	0.198	24.2	56.8	0.297	68.130	0.063	76.8	68.1	0.167
0.16	0.01453	<b>14.53</b>	0.044	0.329	14.6	47.7	0.396	0.068	0.215	22.3	59.0	0.320	70.401	0.068	71.0	70.4	0.179
0.17	0.01688	<b>16.88</b>	0.048	0.349	13.8	50.0	0.420	0.073	0.232	20.7	61.3	0.342	72.672	0.073	65.8	72.7	0.192
0.18	0.01944	<b>19.44</b>	0.053	0.367	13.1	52.2	0.443	0.078	0.248	19.4	63.6	0.364	74.943	0.078	61.2	74.9	0.205
0.19	0.02221	<b>22.21</b>	0.058	0.386	12.4	54.5	0.467	0.084	0.264	18.2	65.9	0.386	77.214	0.084	57.1	77.2	0.218
0.20	0.02521	<b>25.21</b>	0.063	0.403	11.9	56.8	0.490	0.090	0.280	17.1	68.1	0.408	79.485	0.090	53.3	79.5	0.231
0.21	0.02844	<b>28.44</b>	0.068	0.421	11.4	59.0	0.512	0.096	0.296	16.2	70.4	0.430	81.756	0.096	49.9	81.8	0.245
0.22	0.03191	<b>31.91</b>	0.073	0.438	11.0	61.3	0.535	0.102	0.312	15.4	72.7	0.451	84.027	0.102	46.9	84.0	0.259
0.23	0.03561	<b>35.61</b>	0.078	0.454	10.6	63.6	0.557	0.109	0.327	14.7	74.9	0.473	86.298	0.109	44.1	86.3	0.273
0.24	0.03955	<b>39.55</b>	0.084	0.470	10.2	65.9	0.579	0.116	0.342	14.0	77.2	0.494	88.569	0.116	41.5	88.6	0.287
0.25	0.04375	<b>43.75</b>	0.090	0.486	9.9	68.1	0.601	0.123	0.357	13.4	79.5	0.515	90.840	0.123	39.2	90.8	0.302
0.26	0.04820	<b>48.20</b>	0.096	0.502	9.6	70.4	0.622	0.130	0.372	12.9	81.8	0.536	93.111	0.130	37.0	93.1	0.316
0.27	0.05291	<b>52.91</b>	0.102	0.517	9.3	72.7	0.644	0.137	0.386	12.4	84.0	0.557	95.382	0.137	35.1	95.4	0.331
0.28	0.05788	<b>57.88</b>	0.109	0.532	9.0	74.9	0.665	0.144	0.401	12.0	86.3	0.577	97.653	0.144	33.2	97.7	0.347
0.29	0.06312	<b>63.12</b>	0.116	0.546	8.8	77.2	0.686	0.152	0.415	11.6	88.6	0.598	99.924	0.152	31.6	99.9	0.362
0.30	0.06864	<b>68.64</b>	0.123	0.560	8.6	79.5	0.707	0.160	0.429	11.2	90.8	0.618	102.195	0.160	30.0	102.2	0.378

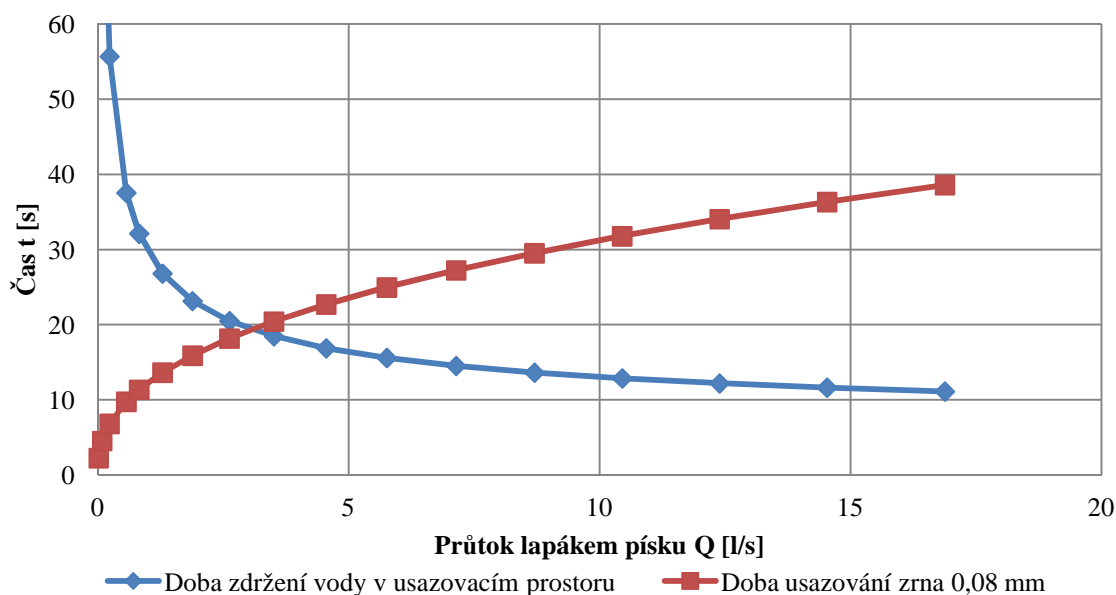
*Pozn.: popis jednotlivých veličin kapitola 6.1.1*

**Tab. 6.2 Výpočet průtoku podle neměnicí se výšky Thomsonova přelivu**

Posun Thomsonova žlabu (řízený)	Převýšení Thomsonova žlabu	Hloubka průtočného paprsku	Průtok	Průtok	Průtočná plocha	Rychlost proudění	Doba zdržení vody v usazovacím prostoru	Doba usazování zrna 0,08mm
$d_1$	$d$	$h$	$Q$	$Q$	$S$	$v$	$t_{UP}$	$t_{US}$
m	m	m	m <sup>3</sup> /s	l/s	m <sup>2</sup>	m/s	s	s
0	0.00	0.01	0.0000	0.02	0.001	0.022	<b>217.9</b>	<b>2.3</b>
0	0.00	0.02	0.0001	0.09	0.002	0.053	<b>89.9</b>	<b>4.5</b>
0	0.00	0.03	0.0002	0.23	0.003	0.086	<b>55.7</b>	<b>6.8</b>
0	0.00	0.04	0.00057	0.57	0.0044	0.13	<b>37.6</b>	<b>9.8</b>
0	0.00	0.05	0.0008	0.82	0.006	0.149	<b>32.1</b>	<b>11.4</b>
0	0.00	0.06	0.0013	1.29	0.007	0.179	<b>26.8</b>	<b>13.6</b>
0	0.00	0.07	0.0019	1.89	0.009	0.207	<b>23.2</b>	<b>15.9</b>
0	0.00	0.08	0.0026	2.62	0.011	0.234	<b>20.5</b>	<b>18.2</b>
0	0.00	0.09	0.0035	3.51	0.014	0.260	<b>18.5</b>	<b>20.4</b>
0	0.00	0.10	0.0046	4.55	0.016	0.284	<b>16.9</b>	<b>22.7</b>
0	0.00	0.11	0.0058	5.76	0.019	0.308	<b>15.6</b>	<b>25.0</b>
0	0.00	0.12	0.0071	7.14	0.022	0.331	<b>14.5</b>	<b>27.3</b>
0	0.00	0.13	0.0087	8.70	0.025	0.352	<b>13.6</b>	<b>29.5</b>
0	0.00	0.14	0.0104	10.45	0.028	0.373	<b>12.9</b>	<b>31.8</b>
0	0.00	0.15	0.0124	12.39	0.032	0.393	<b>12.2</b>	<b>34.1</b>
0	0.00	0.16	0.0145	14.53	0.035	0.413	<b>11.6</b>	<b>36.3</b>
0	0.00	0.17	0.0169	16.88	0.039	0.432	<b>11.1</b>	<b>38.6</b>

*Pozn.: popis jednotlivých veličin kapitola 6.1*

Tab. 6.2 a navazující Graf 6.5 Závislost doby usazování a doby zdržení na průtoku lapákem názorně deklarují nevyhovující parametry pevně nastavovaných Thomsonových přelivů. Ideální situace nastává, pakliže je průtok lapákem písku 2,95 l/s. Při nižším průtoku dochází k sedimentaci nižších zrn, než je 0,1 mm, usazují se zde nerozpuštěné organické látky, které způsobují nežádoucí navýšení organického znečištění sedimentovaného písku. Naopak při zvýšení průtoku nad hodnotu 2,95 l/s dochází k vyplavování zrn větších jak 0,1 mm do usazovací nádrže, kde sice nezpůsobují výrazný technický problém, avšak při přečerpávání vyhnílého kalu (z usazovací nádrže) může dojít např. k poškození čerpacího zařízení, popřípadě během přečerpání na větší biologickou čistírnu může dojít k nežádoucím provozním poruchám.



Graf 6.5 Závislost doby usazování a doby zdržení na průtoku lapákem písku a přepadu přes Thomsonův přeliv

Výpočtem i na laboratorním modelu chceme pomocí plovákového regulátoru dosáhnout co nejvíce podobné doby usazování s dobou zdržení viz. tabulka i znázorněný Graf 6.5 Závislost doby usazování a doby zdržení na průtoku lapákem. V tabulce se začne regulátor posouvat ve svislém směru vzhůru při průtoku cca 3,51 L/s, což je nejmenší možná hodnota průtoku, při které lze zahájit regulaci průtočné plochy. Nižší hodnota regulace není umožněna vzhledem k pevně danému příčnému profilu usazovacího prostoru.

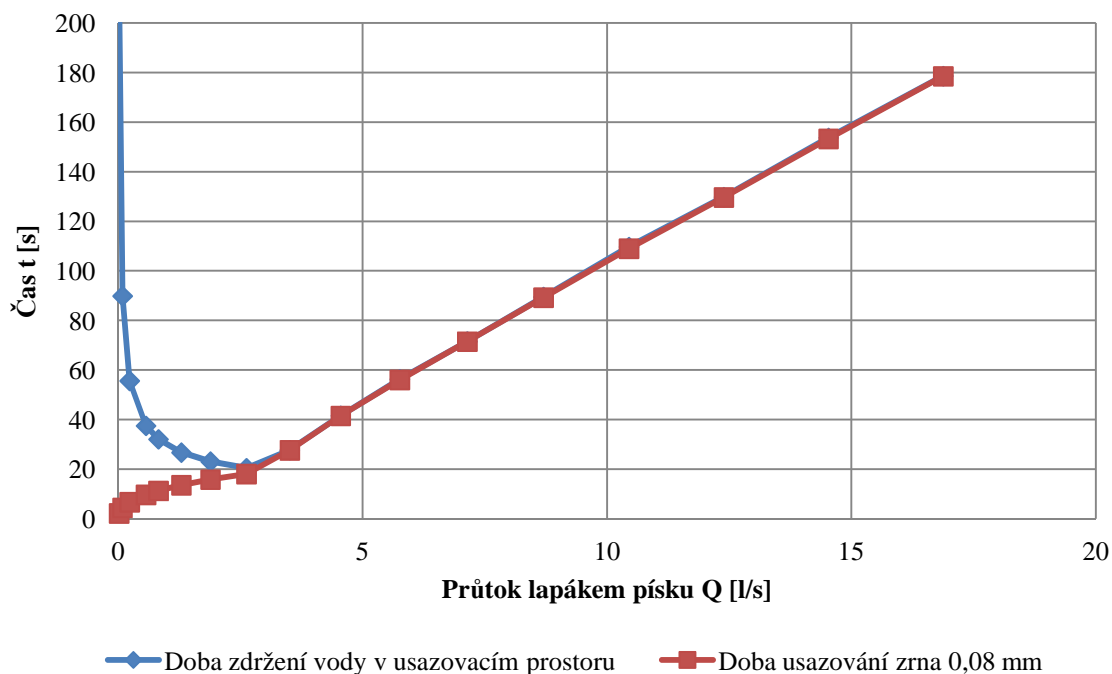
#### 6.1.2 Průtokové parametry LPŠ480 se zapojením regulátoru

Aplikací regulačního prvku (nejprve v teoretické rovině a poté v laboratorních podmínkách) se předpokládá dosažení co nejvíce podobné doby usazování s dobou zdržení, viz. Tab. 6.3 a Graf 6.6. V tabulce se začne regulátor posouvat ve svislém směru vzhůru při průtoku nad 2,95 l/s, což je nejmenší možná hodnota průtoku, při které lze zahájit regulaci průtočné plochy. Nižší hodnota regulace není umožněna vzhledem k pevně danému příčnému profilu usazovacího prostoru.

Tab. 6.3 Výpočet průtoku s měnící se výškou Thomsonova přelivu

Posun Thomsonova žlabu (řízený)	Převýšení Thomsonova žlabu	Hloubka průtočného paprsku	Průtok	Průtok	Průtočná plocha	Rychlost proudu	Doba zdržení vody v usazovacím prostoru	Doba usazování zrna 0,08mm
$d_1$	$d$	$h$	$Q$	$Q$	$S$	$v$	$t_{UP}$	$t_{US}$
m	m	m	m <sup>3</sup> /s	l/s	m <sup>2</sup>	m/s	s	s
0	0.00	0.01	0.0000	0.02	0.001	0.022	217.9	2.3
0	0.00	0.02	0.0001	0.09	0.002	0.053	89.9	4.5
0	0.00	0.03	0.0002	0.23	0.003	0.086	55.7	6.8
0	0.00	0.04	0.00057	0.57	0.0044	0.13	37.6	9.8
0	0.00	0.05	0.0008	0.82	0.006	0.149	32.1	11.4
0	0.00	0.06	0.0013	1.29	0.007	0.179	26.8	13.6
0	0.00	0.07	0.0019	1.89	0.009	0.207	23.2	15.9
0	0.00	0.08	0.0026	2.62	0.011	0.234	20.5	18.2
0.032	0.03	0.09	0.0035	3.51	0.020	0.173	27.8	27.7
0.083	0.08	0.10	0.0046	4.55	0.039	0.115	41.7	41.6
0.137	0.14	0.11	0.0058	5.76	0.068	0.085	56.4	56.1
0.195	0.20	0.12	0.0071	7.14	0.106	0.067	71.6	71.5
0.263	0.26	0.13	0.0087	8.70	0.162	0.054	89.5	89.2
0.340	0.34	0.14	0.0104	10.45	0.239	0.044	109.7	109.0
0.421	0.42	0.15	0.0124	12.39	0.335	0.037	129.8	129.7
0.515	0.52	0.16	0.0145	14.53	0.465	0.031	153.7	153.3
0.616	0.62	0.17	0.0169	16.88	0.628	0.027	178.6	178.5

Pozn.: popis jednotlivých veličin kapitola 6.1



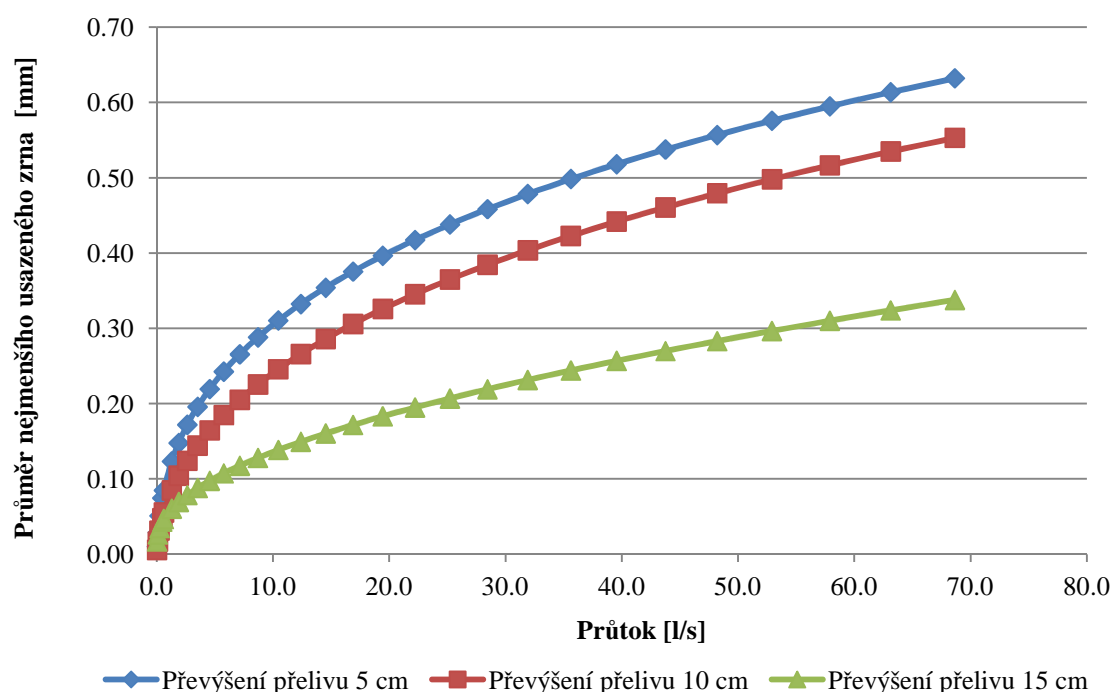
Graf 6.6 Závislost doby usazování a doby zdržení na průtoku lapákem písku při postupné regulaci výšky Thomsonova přelivu

Na Graf 6.6 je zobrazen průběh, resp. vyrovnnání obou časů (doba usazování zrna a doba zdržení vody v usazovacím prostoru) po aplikaci regulátoru průtočné plochy. Průtoky začínají být regulovány při dosažení průtoku 2,95 l/s a jsou regulovány a vyrovnávány plynule až do průtoků, které několikrát přesahují maximální hodnoty uváděné v projektové dokumentaci typizované řady.

### 6.1.3 Teoretické výsledky LPŠ600

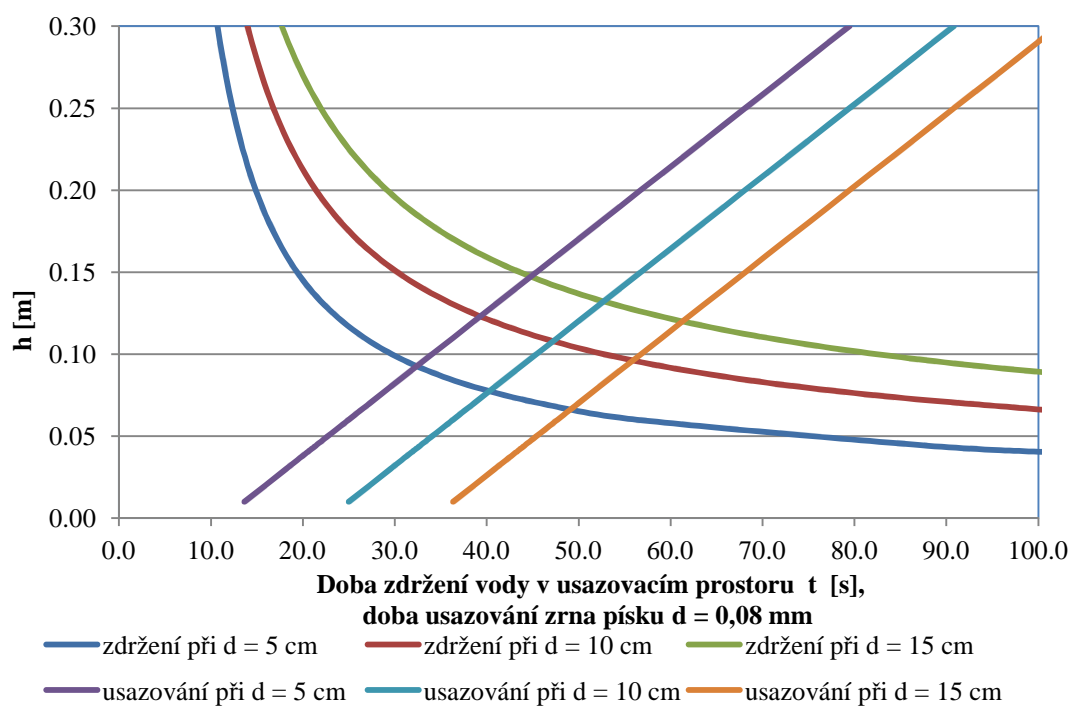
Vnitřní délka usazovacího prostoru typizovaného šterbinového lapáku písku  $L_{PL} = 6,0$  m.

Výpočet průtokových a sedimentačních parametrů LPŠ600 uvedený v Tab. 6.4 vychází postupu, uvedeného v kapitole 6.1.1.



Graf 6.7 Průměry nejmenších usazených zrn za různých průtoků

Výsledky z teoretického stanovení usazování zrna písku o průměru  $d = 0,08$  mm (dle autora typizované řady horizontálních LPŠ) jsou uvedeny v následujících grafech (Graf 6.9 a Graf 6.10).



**Graf 6.8** Zobrazení doby zdržení vody v lapáku písku LPŠ600 a potřebné doby usazování zrna v závislosti na hladině přitékající vody

Tab. 6.4 Stanovení průtokových a sedimentačních parametrů LPŠ600

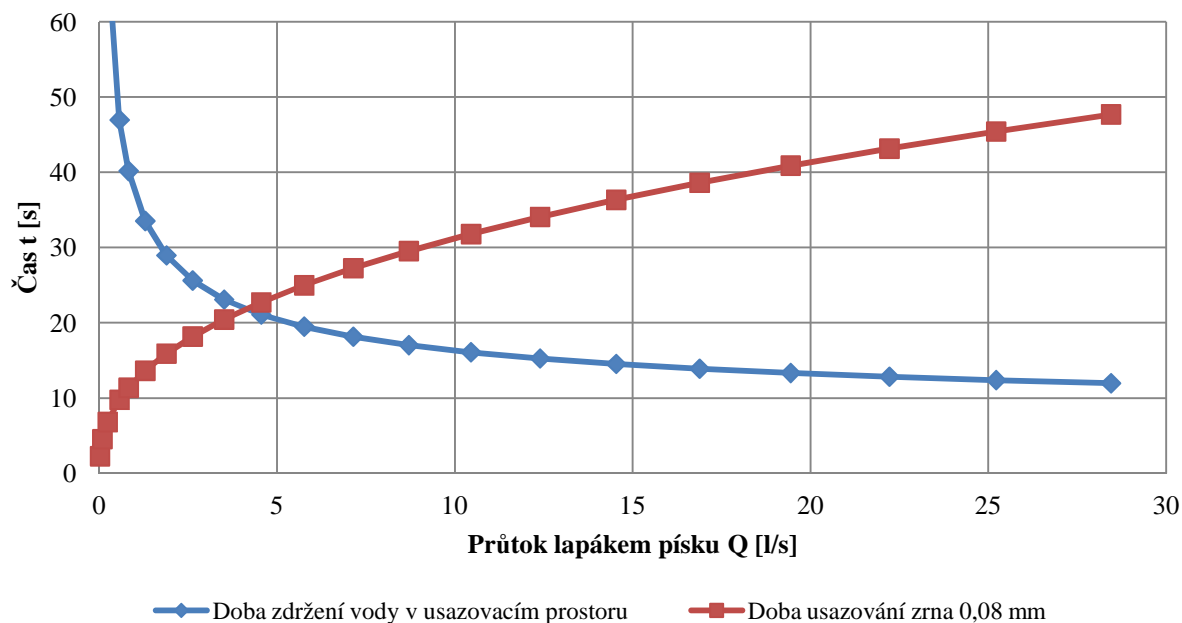
h [m]	Q [m <sup>3</sup> /s]	Q [l/s]	d <sub>1</sub> = 0.05 m					d <sub>2</sub> = 0.1 m					d <sub>3</sub> = 0.15 m				
			S [m <sup>2</sup> ]	v [m/s]	t průtoku [s]	t usazová ní [s]	N <sub>zrna</sub> [mm]	S [m <sup>2</sup> ]	v [m/s]	t průtoku [s]	t usazová ní [s]	N <sub>zrna</sub> [mm]	S [m <sup>2</sup> ]	v [m/s]	t průtoku [s]	t usazová ní [s]	N <sub>zrna</sub> [mm]
0.01	0.00002	<b>0.02</b>	0.004	0.004	1400.8	13.6	0.010	0.012	0.001	4708.3	25.0	0.006	36.336	0.012	495.9	36.3	0.017
0.02	0.00009	<b>0.09</b>	0.005	0.017	344.1	15.9	0.029	0.014	0.006	1011.3	27.3	0.017	38.607	0.014	416.7	38.6	0.026
0.03	0.00023	<b>0.23</b>	0.006	0.036	165.1	18.2	0.051	0.017	0.014	436.0	29.5	0.031	40.878	0.017	355.0	40.9	0.035
0.04	0.00047	<b>0.47</b>	0.008	0.058	102.7	20.4	0.075	0.020	0.024	248.5	31.8	0.048	43.149	0.020	306.1	43.1	0.043
0.044	0.00061	<b>0.61</b>	0.009	0.068	87.9	21.4	0.085	0.021	0.029	206.0	32.7	0.055	44.103	0.021	288.5	44.1	0.047
0.06	0.00129	<b>1.29</b>	0.012	0.106	56.3	25.0	0.123	0.026	0.050	119.2	36.3	0.085	47.691	0.026	234.4	47.7	0.060
0.07	0.00189	<b>1.89</b>	0.014	0.131	45.8	27.3	0.148	0.029	0.065	92.0	38.6	0.104	49.962	0.029	207.6	50.0	0.069
0.08	0.00262	<b>2.62</b>	0.017	0.155	38.7	29.5	0.172	0.032	0.081	74.1	40.9	0.124	52.233	0.032	185.2	52.2	0.078
0.09	0.00351	<b>3.51</b>	0.020	0.179	33.5	31.8	0.196	0.036	0.097	61.7	43.1	0.144	54.504	0.036	166.2	54.5	0.088
0.10	0.00455	<b>4.55</b>	0.023	0.202	29.7	34.1	0.219	0.040	0.114	52.7	45.4	0.164	56.775	0.040	150.0	56.8	0.097
0.11	0.00576	<b>5.76</b>	0.026	0.225	26.7	36.3	0.242	0.044	0.131	45.9	47.7	0.185	59.046	0.044	136.1	59.0	0.107
0.12	0.00714	<b>7.14</b>	0.029	0.247	24.3	38.6	0.265	0.048	0.148	40.7	50.0	0.205	61.317	0.048	124.0	61.3	0.117
0.13	0.00870	<b>8.70</b>	0.032	0.269	22.3	40.9	0.288	0.053	0.164	36.5	52.2	0.225	63.588	0.053	113.4	63.6	0.128
0.14	0.01045	<b>10.45</b>	0.036	0.289	20.7	43.1	0.310	0.058	0.181	33.1	54.5	0.246	65.859	0.058	104.2	65.9	0.138
0.15	0.01239	<b>12.39</b>	0.040	0.310	19.4	45.4	0.332	0.063	0.198	30.3	56.8	0.266	68.130	0.063	96.0	68.1	0.149
0.16	0.01453	<b>14.53</b>	0.044	0.329	18.2	47.7	0.354	0.068	0.215	27.9	59.0	0.286	70.401	0.068	88.8	70.4	0.160
0.17	0.01688	<b>16.88</b>	0.048	0.349	17.2	50.0	0.375	0.073	0.232	25.9	61.3	0.306	72.672	0.073	82.3	72.7	0.172
0.18	0.01944	<b>19.44</b>	0.053	0.367	16.3	52.2	0.396	0.078	0.248	24.2	63.6	0.326	74.943	0.078	76.5	74.9	0.183
0.19	0.02221	<b>22.21</b>	0.058	0.386	15.6	54.5	0.417	0.084	0.264	22.7	65.9	0.345	77.214	0.084	71.3	77.2	0.195
0.20	0.02521	<b>25.21</b>	0.063	0.403	14.9	56.8	0.438	0.090	0.280	21.4	68.1	0.365	79.485	0.090	66.7	79.5	0.207
0.21	0.02844	<b>28.44</b>	0.068	0.421	14.3	59.0	0.458	0.096	0.296	20.3	70.4	0.384	81.756	0.096	62.4	81.8	0.219
0.22	0.03191	<b>31.91</b>	0.073	0.438	13.7	61.3	0.478	0.102	0.312	19.3	72.7	0.404	84.027	0.102	58.6	84.0	0.231
0.23	0.03561	<b>35.61</b>	0.078	0.454	13.2	63.6	0.498	0.109	0.327	18.3	74.9	0.423	86.298	0.109	55.1	86.3	0.244
0.24	0.03955	<b>39.55</b>	0.084	0.470	12.8	65.9	0.518	0.116	0.342	17.5	77.2	0.442	88.569	0.116	51.9	88.6	0.257
0.25	0.04375	<b>43.75</b>	0.090	0.486	12.3	68.1	0.537	0.123	0.357	16.8	79.5	0.461	90.840	0.123	49.0	90.8	0.270
0.26	0.04820	<b>48.20</b>	0.096	0.502	12.0	70.4	0.557	0.130	0.372	16.1	81.8	0.479	93.111	0.130	46.3	93.1	0.283
0.27	0.05291	<b>52.91</b>	0.102	0.517	11.6	72.7	0.576	0.137	0.386	15.5	84.0	0.498	95.382	0.137	43.8	95.4	0.296
0.28	0.05788	<b>57.88</b>	0.109	0.532	11.3	74.9	0.595	0.144	0.401	15.0	86.3	0.516	97.653	0.144	41.6	97.7	0.310
0.29	0.06312	<b>63.12</b>	0.116	0.546	11.0	77.2	0.613	0.152	0.415	14.5	88.6	0.535	99.924	0.152	39.4	99.9	0.324
0.30	0.06864	<b>68.64</b>	0.123	0.560	10.7	79.5	0.632	0.160	0.429	14.0	90.8	0.553	102.195	0.160	37.5	102.2	0.338

Pozn.: popis jednotlivých veličin kapitola 6.1.3

Tab. 6.5 Výpočet průtoku podle neměnní se výšky Thomsonova přelivu

Posun Thomsonova žlabu (řízený)	Převýšení Thomsonova žlabu	Hloubka průtočného paprsku	Průtok	Průtok	Průtočná plocha	Rychlost proudění	Doba zdržení vody v usazovacím prostoru	Doba usazování zrna 0,08mm
$d_i$	$d$	$h$	$Q$	$Q$	$S$	$v$	$t_{UP}$	$t_{US}$
m	m	m	$m^3/s$	l/s	$m^2$	m/s	s	s
0	0.00	0.01	0.0000	0.02	0.001	0.022	272.4	2.3
0	0.00	0.02	0.0001	0.09	0.002	0.053	112.4	4.5
0	0.00	0.03	0.0002	0.23	0.003	0.086	69.7	6.8
0	0.00	0.04	0.00057	0.57	0.0044	0.13	47.0	9.8
0	0.00	0.05	0.0008	0.82	0.006	0.149	40.2	11.4
0	0.00	0.06	0.0013	1.29	0.007	0.179	33.5	13.6
0	0.00	0.07	0.0019	1.89	0.009	0.207	29.0	15.9
0	0.00	0.08	0.0026	2.62	0.011	0.234	25.6	18.2
0	0.00	0.09	0.0035	3.51	0.014	0.260	23.1	20.4
0	0.00	0.10	0.0046	4.55	0.016	0.284	21.1	22.7
0	0.00	0.11	0.0058	5.76	0.019	0.308	19.5	25.0
0	0.00	0.12	0.0071	7.14	0.022	0.331	18.2	27.3
0	0.00	0.13	0.0087	8.70	0.025	0.352	17.0	29.5
0	0.00	0.14	0.0104	10.45	0.028	0.373	16.1	31.8
0	0.00	0.15	0.0124	12.39	0.032	0.393	15.3	34.1
0	0.00	0.16	0.0145	14.53	0.035	0.413	14.5	36.3
0	0.00	0.17	0.0169	16.88	0.039	0.432	13.9	38.6
0	0.00	0.18	0.0194	19.44	0.043	0.450	13.3	40.9
0	0.00	0.19	0.0222	22.21	0.048	0.468	12.8	43.1
0	0.00	0.20	0.0252	25.21	0.052	0.485	12.4	45.4
0	0.00	0.21	0.0284	28.44	0.057	0.502	12.0	47.7

Pozn.: popis jednotlivých veličin kapitola 6.1



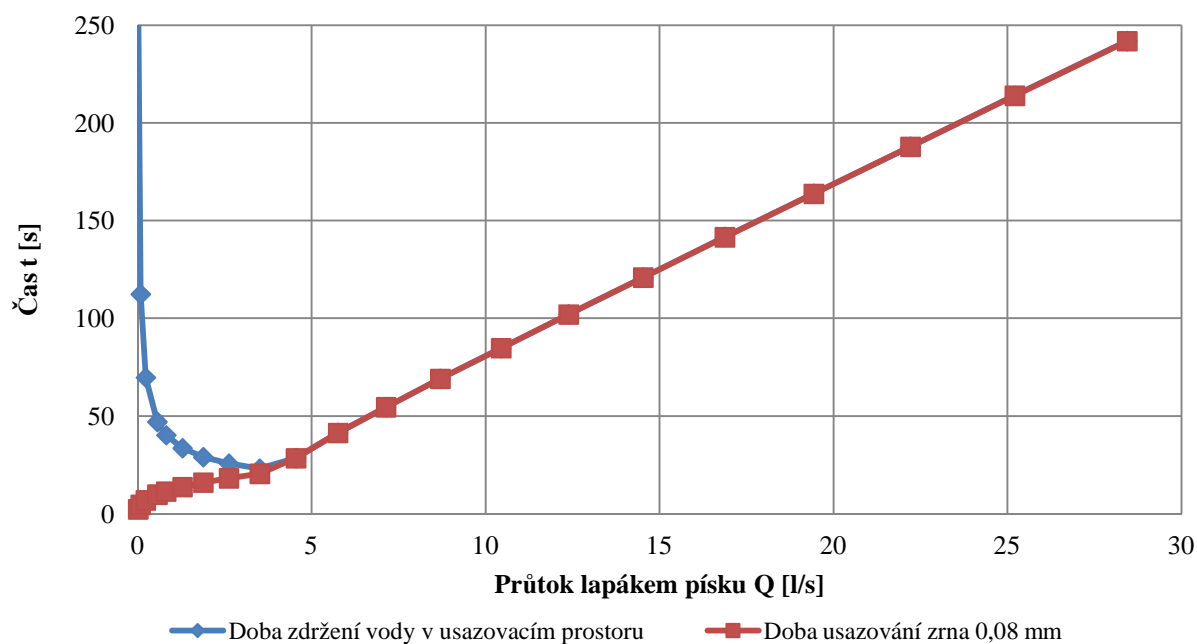
Graf 6.9 Závislost doby usazování a doby zdržení na průtoku lapákem písku a přepadu přes Thomsonův přeliv



Tab. 6.6 Výpočet průtoku s měnicí se výškou Thomsonova přelivu

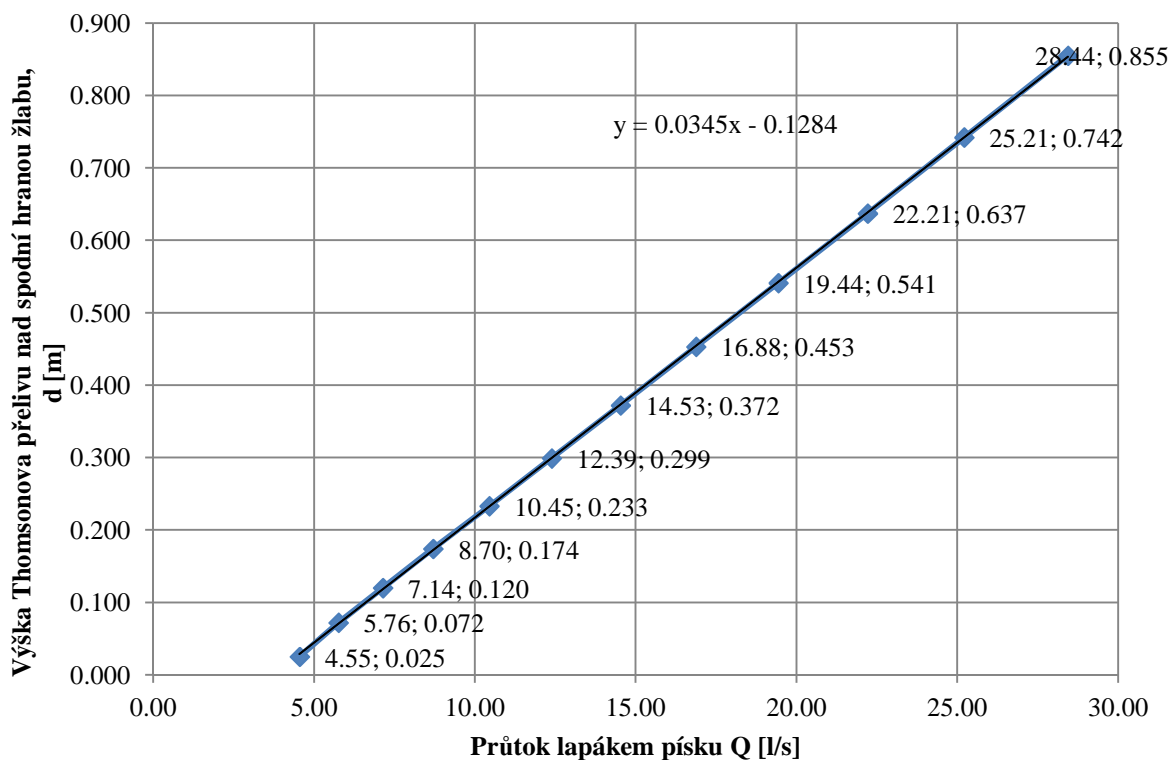
Posun Thomsonova žlabu (řízený)	Převýšení Thomsonova žlabu	Hloubka průtočného paprsku	Průtok	Průtok	Průtočná plocha	Rychlost proudění	Doba zdržení vody v usazovacím prostoru	Doba usazování zrna 0,08mm
$d_1$	$d$	$h$	$Q$	$Q$	$S$	$v$	$t_{UP}$	$t_{US}$
$m$	$m$	$m$	$m^3/s$	$l/s$	$m^2$	$m/s$	$s$	$s$
0	0.00	0.01	0.0000	0.02	0.001	0.022	272.4	2.3
0	0.00	0.02	0.0001	0.09	0.002	0.053	112.4	4.5
0	0.00	0.03	0.0002	0.23	0.003	0.086	69.7	6.8
0	0.00	0.04	0.00057	0.57	0.0044	0.13	47.0	9.8
0	0.00	0.05	0.0008	0.82	0.006	0.149	40.2	11.4
0	0.00	0.06	0.0013	1.29	0.007	0.179	33.5	13.6
0	0.00	0.07	0.0019	1.89	0.009	0.207	29.0	15.9
0	0.00	0.08	0.0026	2.62	0.011	0.234	25.6	18.2
0	0.00	0.09	0.0035	3.51	0.014	0.260	23.1	20.4
0.025	0.03	0.10	0.0046	4.55	0.022	0.210	28.5	28.4
0.072	0.07	0.11	0.0058	5.76	0.040	0.145	41.4	41.3
0.120	0.12	0.12	0.0071	7.14	0.065	0.110	54.5	54.5
0.174	0.17	0.13	0.0087	8.70	0.100	0.087	69.1	69.0
0.233	0.23	0.14	0.0104	10.45	0.148	0.071	84.7	84.7
0.299	0.30	0.15	0.0124	12.39	0.211	0.059	102.0	102.0
0.372	0.37	0.16	0.0145	14.53	0.293	0.050	120.8	120.8
0.453	0.45	0.17	0.0169	16.88	0.398	0.042	141.6	141.5
0.541	0.54	0.18	0.0194	19.44	0.531	0.037	163.8	163.7
0.637	0.64	0.19	0.0222	22.21	0.695	0.032	187.8	187.8
0.742	0.74	0.20	0.0252	25.21	0.899	0.028	214.0	213.9
0.855	0.86	0.21	0.0284	28.44	1.147	0.025	241.9	241.9

Pozn.: popis jednotlivých veličin kapitola 6.1



Graf 6.10 Závislost doby usazování a doby zdržení na průtoku lapákem písku a přepadu přes Thomsonův přeliv

Poslední graf je zobrazením závislosti regulované výšky Thomsonova přelivu podle hodnoty průtoku odpadní vody. Lineární průběh usnadňuje nastavení jednoduchého ovládacího mechanismu. Zahájení regulace průtočné plochy nastává při průtoku přibližně  $4,0 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ , při následujícím navyšování průtoku např. na  $Q = 4,55 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  je převýšení Thomsonova přelivu již 2,5 cm.

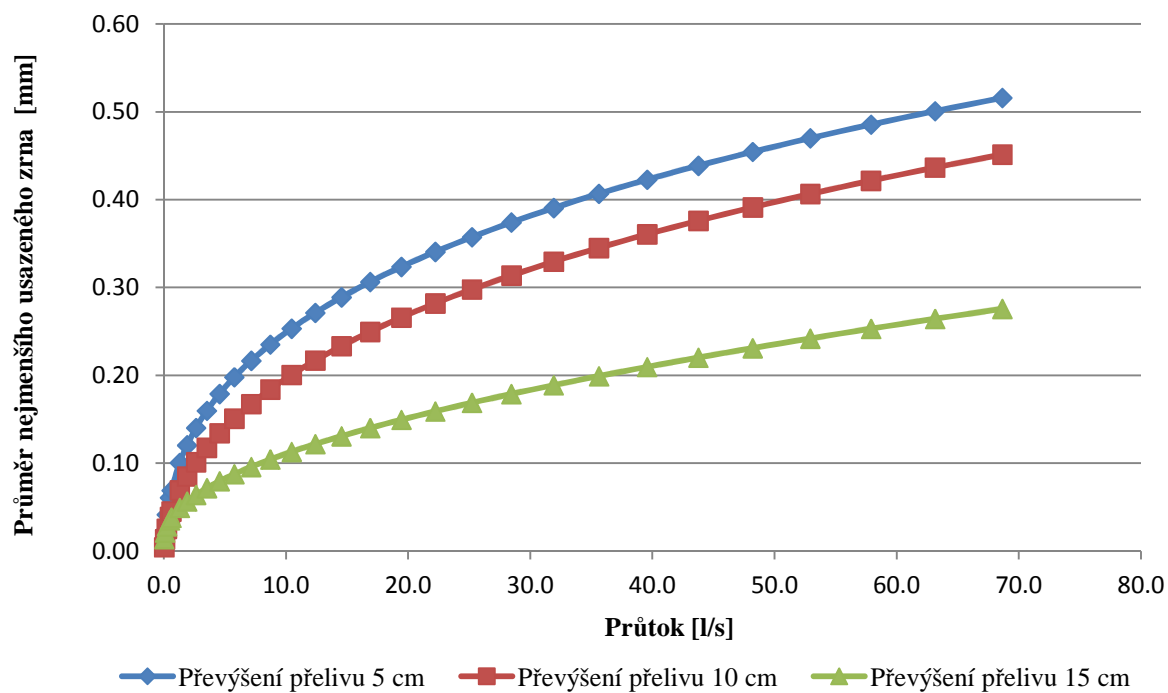


Graf 6.11 Závislost výšky regulačního přelivu na průtoku LPŠ 600

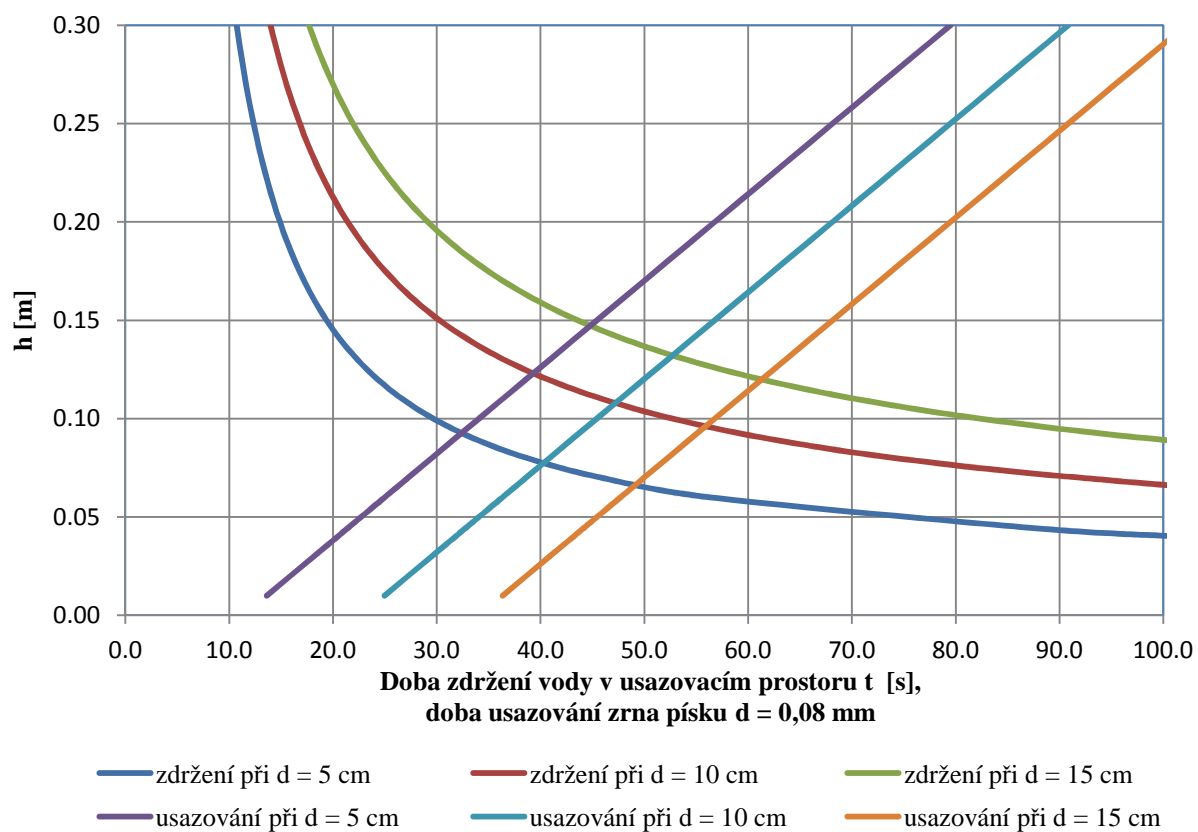
#### 6.1.4 Teoretické výsledky LPŠ900

Vnitřní délka usazovacího prostoru typizovaného štěrbinového lapáku písku  $L_{PL} = 9,0$  m.

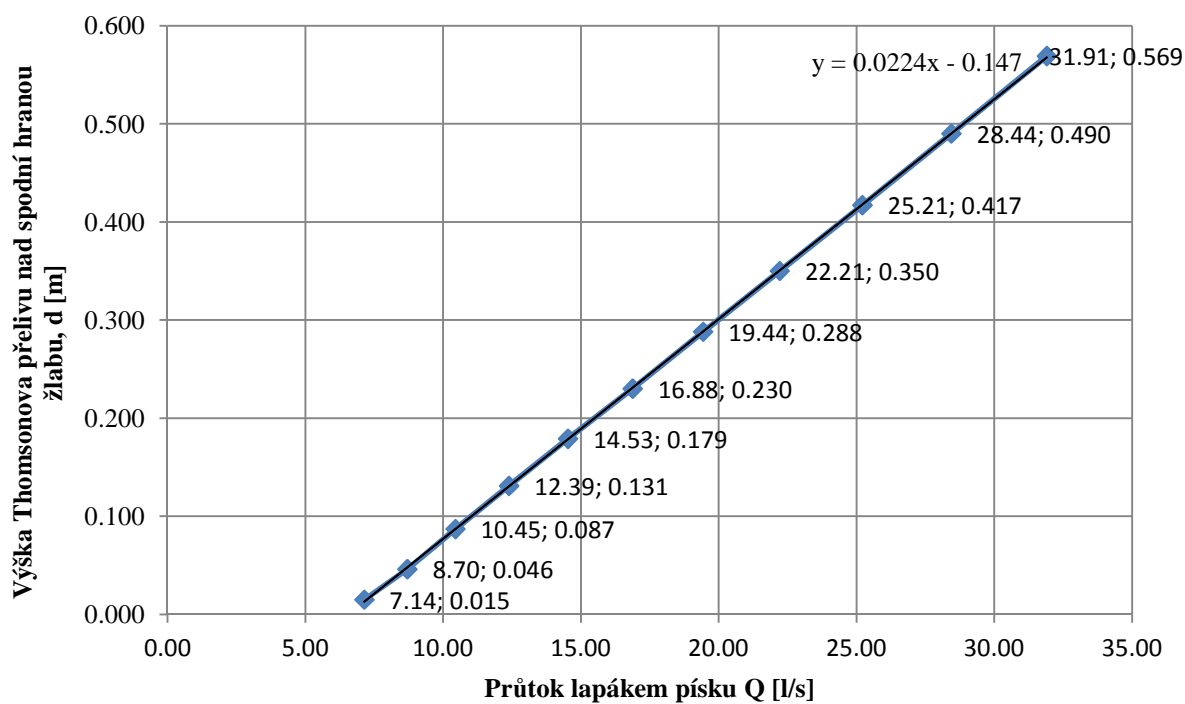
Výpočet průtokových a sedimentačních parametrů LPŠ900 uvedený v Tab. 6.7 vychází postupu, uvedeného v kapitole 6.1.1.



Graf 6.12 Průměry nejmenších usazených zrn za různých průtoků



Graf 6.13 Zobrazení doby zdržení vody v lapáku písku LPŠ900 a potřebné doby usazování zrna v závislosti na hladině přitékající vody



Graf 6.14 Závislost výšky regulačního přelivu na průtoku LPŠ 900

**Tab. 6.7 Stanovení průtokových a sedimentačních parametrů LPŠ900**

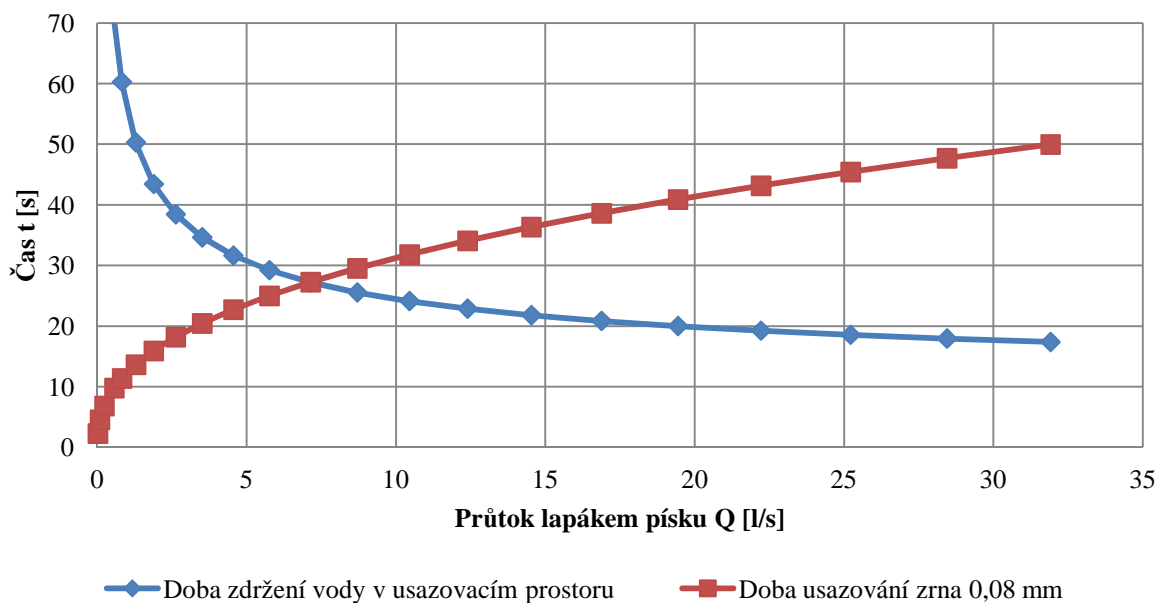
h [m]	Q [m <sup>3</sup> /s]	Q [l/s]	d <sub>1</sub> = 0.05 m					d <sub>2</sub> = 0.1 m					d <sub>3</sub> = 0.15 m				
			S [m <sup>2</sup> ]	v [m/s]	t průtoku [s]	t usazová ní [s]	N <sub>zrna</sub> [mm]	S [m <sup>2</sup> ]	v [m/s]	t průtoku [s]	t usazová ní [s]	N <sub>zrna</sub> [mm]	S [m <sup>2</sup> ]	v [m/s]	t průtoku [s]	t usazová ní [s]	N <sub>zrna</sub> [mm]
0.01	0.00002	<b>0.02</b>	0.004	0.004	2101.2	13.6	0.008	0.012	0.001	7062.4	25.0	0.004	36.336	0.012	743.8	36.3	0.014
0.02	0.00009	<b>0.09</b>	0.005	0.017	516.2	15.9	0.024	0.014	0.006	1517.0	27.3	0.014	38.607	0.014	625.0	38.6	0.021
0.03	0.00023	<b>0.23</b>	0.006	0.036	247.7	18.2	0.042	0.017	0.014	654.0	29.5	0.026	40.878	0.017	532.5	40.9	0.028
0.04	0.00047	<b>0.47</b>	0.008	0.058	154.0	20.4	0.061	0.020	0.024	372.7	31.8	0.039	43.149	0.020	459.2	43.1	0.035
0.044	0.00061	<b>0.61</b>	0.009	0.068	131.8	21.4	0.069	0.021	0.029	309.0	32.7	0.045	44.103	0.021	432.8	44.1	0.038
0.06	0.00129	<b>1.29</b>	0.012	0.106	84.5	25.0	0.101	0.026	0.050	178.8	36.3	0.069	47.691	0.026	351.6	47.7	0.049
0.07	0.00189	<b>1.89</b>	0.014	0.131	68.7	27.3	0.121	0.029	0.065	137.9	38.6	0.085	49.962	0.029	311.4	50.0	0.057
0.08	0.00262	<b>2.62</b>	0.017	0.155	58.0	29.5	0.140	0.032	0.081	111.2	40.9	0.101	52.233	0.032	277.8	52.2	0.064
0.09	0.00351	<b>3.51</b>	0.020	0.179	50.3	31.8	0.160	0.036	0.097	92.6	43.1	0.118	54.504	0.036	249.3	54.5	0.072
0.10	0.00455	<b>4.55</b>	0.023	0.202	44.5	34.1	0.179	0.040	0.114	79.1	45.4	0.134	56.775	0.040	225.0	56.8	0.080
0.11	0.00576	<b>5.76</b>	0.026	0.225	40.0	36.3	0.198	0.044	0.131	68.9	47.7	0.151	59.046	0.044	204.1	59.0	0.088
0.12	0.00714	<b>7.14</b>	0.029	0.247	36.4	38.6	0.217	0.048	0.148	61.0	50.0	0.167	61.317	0.048	186.0	61.3	0.096
0.13	0.00870	<b>8.70</b>	0.032	0.269	33.5	40.9	0.235	0.053	0.164	54.7	52.2	0.184	63.588	0.053	170.1	63.6	0.104
0.14	0.01045	<b>10.45</b>	0.036	0.289	31.1	43.1	0.253	0.058	0.181	49.6	54.5	0.201	65.859	0.058	156.3	65.9	0.113
0.15	0.01239	<b>12.39</b>	0.040	0.310	29.1	45.4	0.271	0.063	0.198	45.4	56.8	0.217	68.130	0.063	144.0	68.1	0.122
0.16	0.01453	<b>14.53</b>	0.044	0.329	27.3	47.7	0.289	0.068	0.215	41.9	59.0	0.233	70.401	0.068	133.1	70.4	0.131
0.17	0.01688	<b>16.88</b>	0.048	0.349	25.8	50.0	0.306	0.073	0.232	38.9	61.3	0.250	72.672	0.073	123.5	72.7	0.140
0.18	0.01944	<b>19.44</b>	0.053	0.367	24.5	52.2	0.324	0.078	0.248	36.3	63.6	0.266	74.943	0.078	114.8	74.9	0.150
0.19	0.02221	<b>22.21</b>	0.058	0.386	23.3	54.5	0.341	0.084	0.264	34.1	65.9	0.282	77.214	0.084	107.0	77.2	0.159
0.20	0.02521	<b>25.21</b>	0.063	0.403	22.3	56.8	0.358	0.090	0.280	32.1	68.1	0.298	79.485	0.090	100.0	79.5	0.169
0.21	0.02844	<b>28.44</b>	0.068	0.421	21.4	59.0	0.374	0.096	0.296	30.4	70.4	0.314	81.756	0.096	93.7	81.8	0.179
0.22	0.03191	<b>31.91</b>	0.073	0.438	20.6	61.3	0.391	0.102	0.312	28.9	72.7	0.330	84.027	0.102	87.9	84.0	0.189
0.23	0.03561	<b>35.61</b>	0.078	0.454	19.8	63.6	0.407	0.109	0.327	27.5	74.9	0.345	86.298	0.109	82.6	86.3	0.199
0.24	0.03955	<b>39.55</b>	0.084	0.470	19.1	65.9	0.423	0.116	0.342	26.3	77.2	0.361	88.569	0.116	77.9	88.6	0.210
0.25	0.04375	<b>43.75</b>	0.090	0.486	18.5	68.1	0.439	0.123	0.357	25.2	79.5	0.376	90.840	0.123	73.5	90.8	0.220
0.26	0.04820	<b>48.20</b>	0.096	0.502	17.9	70.4	0.455	0.130	0.372	24.2	81.8	0.391	93.111	0.130	69.4	93.1	0.231
0.27	0.05291	<b>52.91</b>	0.102	0.517	17.4	72.7	0.470	0.137	0.386	23.3	84.0	0.407	95.382	0.137	65.7	95.4	0.242
0.28	0.05788	<b>57.88</b>	0.109	0.532	16.9	74.9	0.486	0.144	0.401	22.5	86.3	0.422	97.653	0.144	62.3	97.7	0.253
0.29	0.06312	<b>63.12</b>	0.116	0.546	16.5	77.2	0.501	0.152	0.415	21.7	88.6	0.437	99.924	0.152	59.2	99.9	0.264
0.30	0.06864	<b>68.64</b>	0.123	0.560	16.1	79.5	0.516	0.160	0.429	21.0	90.8	0.452	102.195	0.160	56.3	102.2	0.276

*Pozn.: popis jednotlivých veličin kapitola 6.1.4*

Tab. 6.8 Výpočet průtoku podle neměnicí se výšky Thomsonova přelivu

Posun Thomsonova žlabu (řízený)	Převýšení Thomsonova žlabu	Hloubka průtočného paprsku	Průtok	Průtok	Průtočná plocha	Rychlost proudění	Doba zdržení vody v usazovacím prostoru	Doba usazování zrna 0,08mm
$d_i$	$d$	$h$	$Q$	$Q$	$S$	$v$	$t_{UP}$	$t_{US}$
m	m	m	m <sup>3</sup> /s	l/s	m <sup>2</sup>	m/s	s	s
0	0.00	0.01	0.0000	0.02	0.001	0.022	408.6	2.3
0	0.00	0.02	0.0001	0.09	0.002	0.053	168.6	4.5
0	0.00	0.03	0.0002	0.23	0.003	0.086	104.5	6.8
0	0.00	0.04	0.00057	0.57	0.0044	0.13	70.4	9.8
0	0.00	0.05	0.0008	0.82	0.006	0.149	60.3	11.4
0	0.00	0.06	0.0013	1.29	0.007	0.179	50.3	13.6
0	0.00	0.07	0.0019	1.89	0.009	0.207	43.4	15.9
0	0.00	0.08	0.0026	2.62	0.011	0.234	38.4	18.2
0	0.00	0.09	0.0035	3.51	0.014	0.260	34.6	20.4
0	0.00	0.10	0.0046	4.55	0.016	0.284	31.6	22.7
0	0.00	0.11	0.0058	5.76	0.019	0.308	29.2	25.0
0	0.00	0.12	0.0071	7.14	0.022	0.331	27.2	27.3
0	0.00	0.13	0.0087	8.70	0.025	0.352	25.6	29.5
0	0.00	0.14	0.0104	10.45	0.028	0.373	24.1	31.8
0	0.00	0.15	0.0124	12.39	0.032	0.393	22.9	34.1
0	0.00	0.16	0.0145	14.53	0.035	0.413	21.8	36.3
0	0.00	0.17	0.0169	16.88	0.039	0.432	20.9	38.6
0	0.00	0.18	0.0194	19.44	0.043	0.450	20.0	40.9
0	0.00	0.19	0.0222	22.21	0.048	0.468	19.2	43.1
0	0.00	0.20	0.0252	25.21	0.052	0.485	18.6	45.4
0	0.00	0.21	0.0284	28.44	0.057	0.502	17.9	47.7
0	0.00	0.22	0.0319	31.91	0.062	0.518	17.4	50.0

Pozn.: popis jednotlivých veličin kapitola 6.1

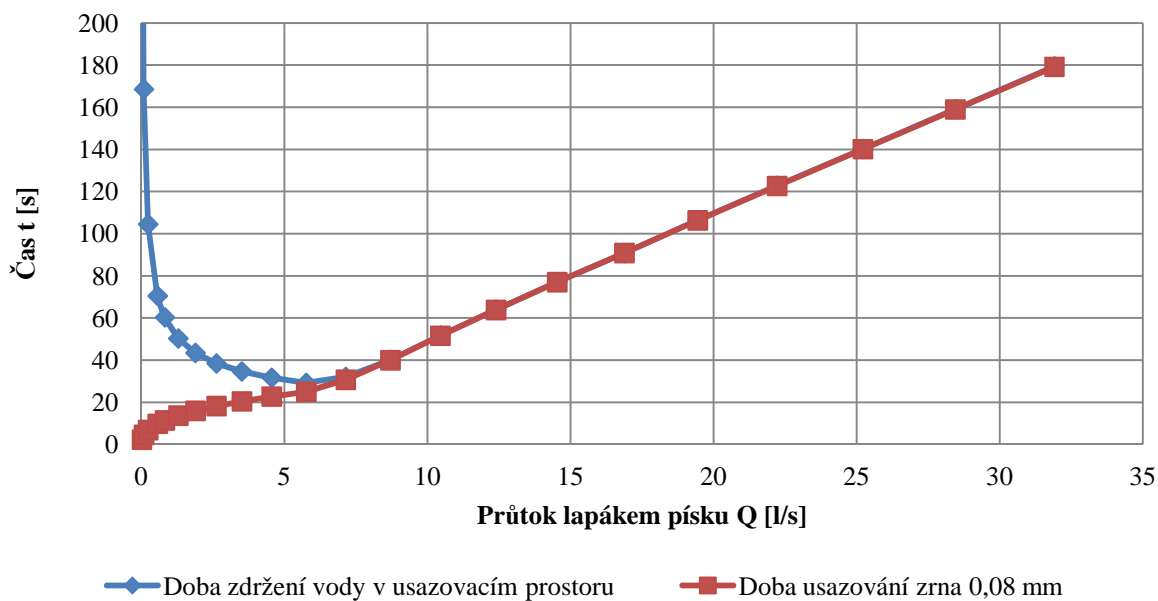


Graf 6.15 Závislost doby usazování a doby zdržení na průtoku lapákem písku a přepadu přes Thomsonův přeliv

Tab. 6.9 Výpočet průtoku s neměnicí se výškou Thomsonova přelivu

Posun Thomsonova žlabu (řízený)	Převýšení Thomsonova žlabu	Hloubka průtočného paprsku	Průtok	Průtok	Průtočná plocha	Rychlost proudění	Doba zdržení vody v usazovacím prostoru	Doba usazování zrna 0,08mm
$d_i$	$d$	$h$	$Q$	$Q$	$S$	$v$	$t_{UP}$	$t_{US}$
m	m	m	m <sup>3</sup> /s	l/s	m <sup>2</sup>	m/s	s	s
0	0.00	0.01	0.0000	0.02	0.001	0.022	408.6	2.3
0	0.00	0.02	0.0001	0.09	0.002	0.053	168.6	4.5
0	0.00	0.03	0.0002	0.23	0.003	0.086	104.5	6.8
0	0.00	0.04	0.00057	0.57	0.0044	0.13	70.4	9.8
0	0.00	0.05	0.0008	0.82	0.006	0.149	60.3	11.4
0	0.00	0.06	0.0013	1.29	0.007	0.179	50.3	13.6
0	0.00	0.07	0.0019	1.89	0.009	0.207	43.4	15.9
0	0.00	0.08	0.0026	2.62	0.011	0.234	38.4	18.2
0	0.00	0.09	0.0035	3.51	0.014	0.260	34.6	20.4
0	0.00	0.10	0.0046	4.55	0.016	0.284	31.6	22.7
0	0.00	0.11	0.0058	5.76	0.019	0.308	29.2	25.0
0.001	0.00	0.12	0.0071	7.14	0.022	0.327	27.5	27.5
0.046	0.05	0.13	0.0087	8.70	0.039	0.224	40.1	40.0
0.087	0.09	0.14	0.0104	10.45	0.060	0.174	51.6	51.6
0.131	0.13	0.15	0.0124	12.39	0.088	0.141	63.9	63.8
0.179	0.18	0.16	0.0145	14.53	0.125	0.117	77.1	77.0
0.230	0.23	0.17	0.0169	16.88	0.170	0.099	90.8	90.8
0.288	0.29	0.18	0.0194	19.44	0.230	0.085	106.4	106.3
0.350	0.35	0.19	0.0222	22.21	0.303	0.073	122.8	122.6
0.417	0.42	0.20	0.0252	25.21	0.393	0.064	140.2	140.1
0.490	0.49	0.21	0.0284	28.44	0.503	0.057	159.0	159.0
0.569	0.57	0.22	0.0319	31.91	0.636	0.050	179.3	179.2

Pozn.: popis jednotlivých veličin kapitola 6.1

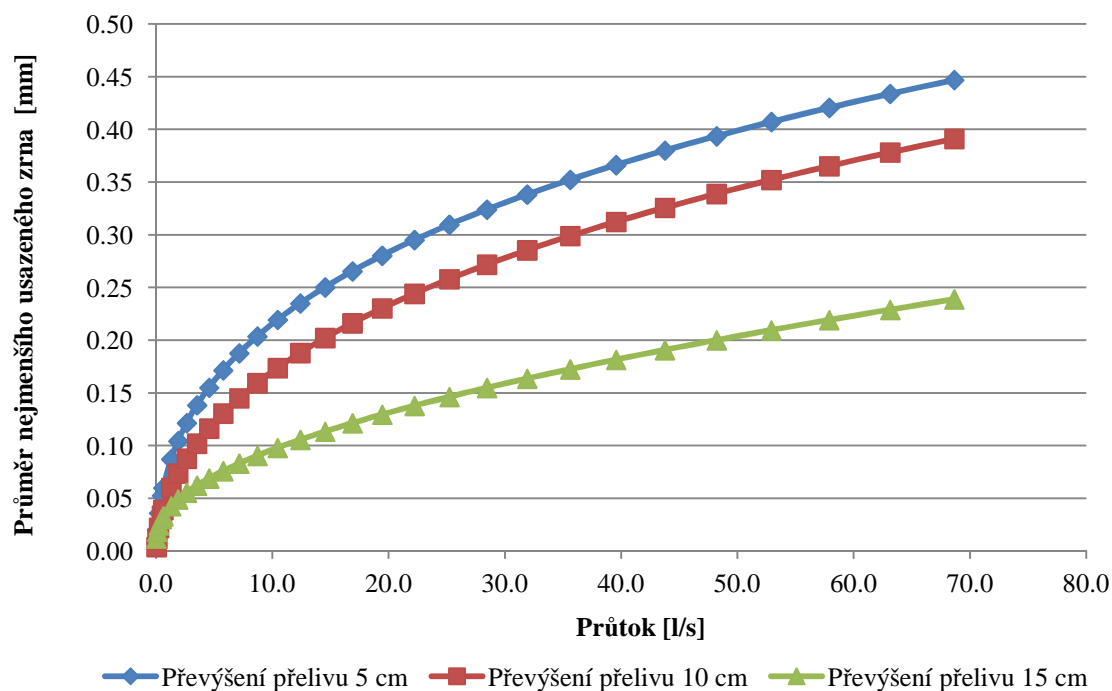


Graf 6.16 Závislost doby usazování a doby zdržení na průtoku lapákem písku a přepadu přes Thomsonův přeliv

### 6.1.5 Teoretické výsledky LPŠ1200

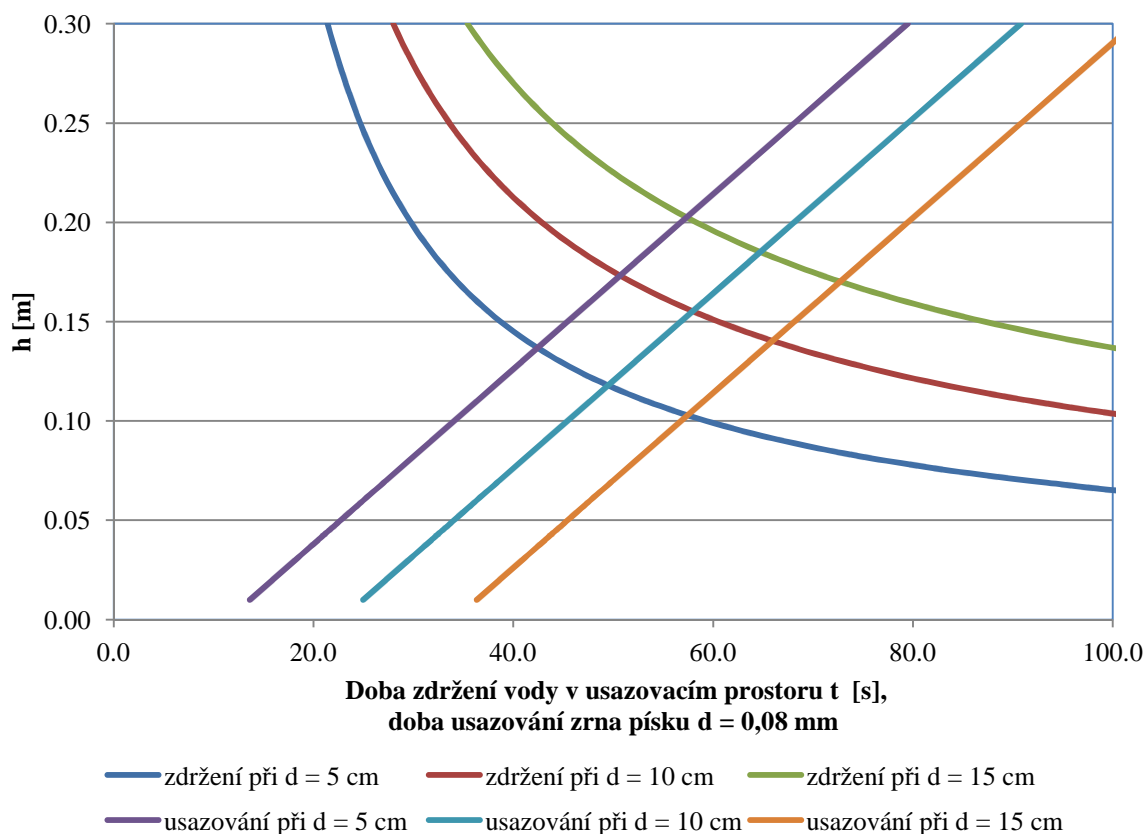
Vnitřní délka usazovacího prostoru typizovaného šterbinového lapáku písku  $L_{PL} = 12,0$  m.

Výpočet průtokových a sedimentačních parametrů LPŠ1200 uvedený v Tab. 6.10 vychází postupu, uvedeného v kapitole 6.1.1.

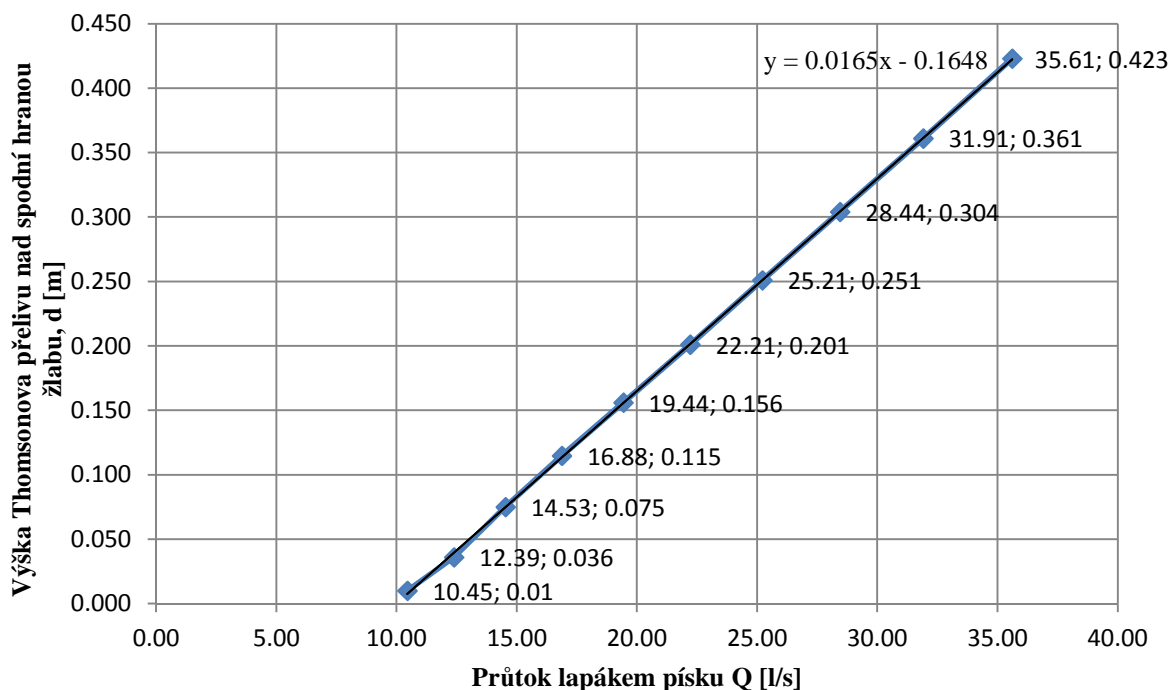


Graf 6.17 Průměry nejmenších usazených zrn za různých průtoků





Graf 6.18 Zobrazení doby zdržení vody v lapáku písku LPŠ 1200 a potřebné doby usazování zrna v závislosti na hladině přitékající vody



Graf 6.19 Závislost výšky regulačního přelivu na průtoku LPŠ 1200

**Tab. 6.10 Stanovení průtokových a sedimentačních parametrů LPŠ1200**

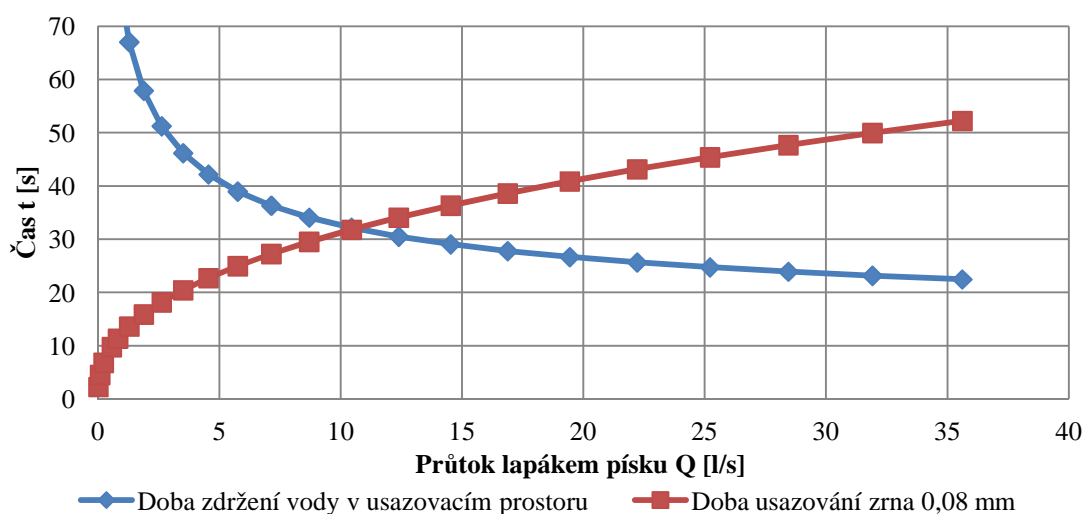
h [m]	Q [m <sup>3</sup> /s]	Q [l/s]	d <sub>1</sub> = 0.05 m					d <sub>2</sub> = 0.1 m					d <sub>3</sub> = 0.15 m				
			S [m <sup>2</sup> ]	v [m/s]	t průtoku [s]	t usazovací [s]	N <sub>zma</sub> [mm]	S [m <sup>2</sup> ]	v [m/s]	t průtoku [s]	t usazovací [s]	N <sub>zma</sub> [mm]	S [m <sup>2</sup> ]	v [m/s]	t průtoku [s]	t usazovací [s]	N <sub>zma</sub> [mm]
0.01	0.00002	<b>0.02</b>	0.004	0.004	2801.6	13.6	0.007	0.012	0.001	9416.5	25.0	0.004	36.336	0.012	991.7	36.3	0.012
0.02	0.00009	<b>0.09</b>	0.005	0.017	688.3	15.9	0.020	0.014	0.006	2022.7	27.3	0.012	38.607	0.014	833.3	38.6	0.018
0.03	0.00023	<b>0.23</b>	0.006	0.036	330.2	18.2	0.036	0.017	0.014	872.0	29.5	0.022	40.878	0.017	710.1	40.9	0.025
0.04	0.00047	<b>0.47</b>	0.008	0.058	205.4	20.4	0.053	0.020	0.024	496.9	31.8	0.034	43.149	0.020	612.2	43.1	0.031
0.044	0.00061	<b>0.61</b>	0.009	0.068	175.8	21.4	0.060	0.021	0.029	411.9	32.7	0.039	44.103	0.021	577.1	44.1	0.033
0.06	0.00129	<b>1.29</b>	0.012	0.106	112.7	25.0	0.087	0.026	0.050	238.4	36.3	0.060	47.691	0.026	468.8	47.7	0.043
0.07	0.00189	<b>1.89</b>	0.014	0.131	91.6	27.3	0.104	0.029	0.065	183.9	38.6	0.074	49.962	0.029	415.2	50.0	0.049
0.08	0.00262	<b>2.62</b>	0.017	0.155	77.3	29.5	0.121	0.032	0.081	148.3	40.9	0.088	52.233	0.032	370.4	52.2	0.055
0.09	0.00351	<b>3.51</b>	0.020	0.179	67.0	31.8	0.138	0.036	0.097	123.5	43.1	0.102	54.504	0.036	332.4	54.5	0.062
0.10	0.00455	<b>4.55</b>	0.023	0.202	59.3	34.1	0.155	0.040	0.114	105.5	45.4	0.116	56.775	0.040	300.0	56.8	0.069
0.11	0.00576	<b>5.76</b>	0.026	0.225	53.3	36.3	0.171	0.044	0.131	91.9	47.7	0.131	59.046	0.044	272.1	59.0	0.076
0.12	0.00714	<b>7.14</b>	0.029	0.247	48.6	38.6	0.188	0.048	0.148	81.4	50.0	0.145	61.317	0.048	247.9	61.3	0.083
0.13	0.00870	<b>8.70</b>	0.032	0.269	44.7	40.9	0.204	0.053	0.164	73.0	52.2	0.159	63.588	0.053	226.8	63.6	0.090
0.14	0.01045	<b>10.45</b>	0.036	0.289	41.5	43.1	0.219	0.058	0.181	66.2	54.5	0.174	65.859	0.058	208.3	65.9	0.098
0.15	0.01239	<b>12.39</b>	0.040	0.310	38.7	45.4	0.235	0.063	0.198	60.5	56.8	0.188	68.130	0.063	192.0	68.1	0.106
0.16	0.01453	<b>14.53</b>	0.044	0.329	36.4	47.7	0.250	0.068	0.215	55.8	59.0	0.202	70.401	0.068	177.5	70.4	0.113
0.17	0.01688	<b>16.88</b>	0.048	0.349	34.4	50.0	0.265	0.073	0.232	51.8	61.3	0.216	72.672	0.073	164.6	72.7	0.121
0.18	0.01944	<b>19.44</b>	0.053	0.367	32.7	52.2	0.280	0.078	0.248	48.4	63.6	0.230	74.943	0.078	153.1	74.9	0.129
0.19	0.02221	<b>22.21</b>	0.058	0.386	31.1	54.5	0.295	0.084	0.264	45.4	65.9	0.244	77.214	0.084	142.7	77.2	0.138
0.20	0.02521	<b>25.21</b>	0.063	0.403	29.7	56.8	0.310	0.090	0.280	42.8	68.1	0.258	79.485	0.090	133.3	79.5	0.146
0.21	0.02844	<b>28.44</b>	0.068	0.421	28.5	59.0	0.324	0.096	0.296	40.5	70.4	0.272	81.756	0.096	124.9	81.8	0.155
0.22	0.03191	<b>31.91</b>	0.073	0.438	27.4	61.3	0.338	0.102	0.312	38.5	72.7	0.285	84.027	0.102	117.2	84.0	0.164
0.23	0.03561	<b>35.61</b>	0.078	0.454	26.4	63.6	0.352	0.109	0.327	36.7	74.9	0.299	86.298	0.109	110.2	86.3	0.173
0.24	0.03955	<b>39.55</b>	0.084	0.470	25.5	65.9	0.366	0.116	0.342	35.1	77.2	0.312	88.569	0.116	103.8	88.6	0.182
0.25	0.04375	<b>43.75</b>	0.090	0.486	24.7	68.1	0.380	0.123	0.357	33.6	79.5	0.326	90.840	0.123	98.0	90.8	0.191
0.26	0.04820	<b>48.20</b>	0.096	0.502	23.9	70.4	0.394	0.130	0.372	32.3	81.8	0.339	93.111	0.130	92.6	93.1	0.200
0.27	0.05291	<b>52.91</b>	0.102	0.517	23.2	72.7	0.407	0.137	0.386	31.0	84.0	0.352	95.382	0.137	87.7	95.4	0.210
0.28	0.05788	<b>57.88</b>	0.109	0.532	22.6	74.9	0.421	0.144	0.401	29.9	86.3	0.365	97.653	0.144	83.1	97.7	0.219
0.29	0.06312	<b>63.12</b>	0.116	0.546	22.0	77.2	0.434	0.152	0.415	28.9	88.6	0.378	99.924	0.152	78.9	99.9	0.229
0.30	0.06864	<b>68.64</b>	0.123	0.560	21.4	79.5	0.447	0.160	0.429	28.0	90.8	0.391	102.195	0.160	75.0	102.2	0.239

*Pozn.: popis jednotlivých veličin kapitola 6.1.5*

Tab. 6.11 Výpočet průtoku podle neměnicí se výšky Thomsonova přelivu

Posun Thomsonova žlabu (řízený)	Převýšení Thomsonova žlabu	Hloubka průtočného paprsku	Průtok	Průtok	Průtočná plocha	Rychlost proudění	Doba zdržení vody v usazovacím prostoru	Doba usazování zrna 0,08mm
$d_1$	$d$	$h$	$Q$	$Q$	$S$	$v$	$t_{UP}$	$t_{US}$
m	m	m	m <sup>3</sup> /s	l/s	m <sup>2</sup>	m/s	s	s
0	0.00	0.01	0.0000	0.02	0.001	0.022	544.8	2.3
0	0.00	0.02	0.0001	0.09	0.002	0.053	224.7	4.5
0	0.00	0.03	0.0002	0.23	0.003	0.086	139.3	6.8
0	0.00	0.04	0.00057	0.57	0.0044	0.13	93.9	9.8
0	0.00	0.05	0.0008	0.82	0.006	0.149	80.4	11.4
0	0.00	0.06	0.0013	1.29	0.007	0.179	67.1	13.6
0	0.00	0.07	0.0019	1.89	0.009	0.207	57.9	15.9
0	0.00	0.08	0.0026	2.62	0.011	0.234	51.2	18.2
0	0.00	0.09	0.0035	3.51	0.014	0.260	46.2	20.4
0	0.00	0.10	0.0046	4.55	0.016	0.284	42.2	22.7
0	0.00	0.11	0.0058	5.76	0.019	0.308	39.0	25.0
0	0.00	0.12	0.0071	7.14	0.022	0.331	36.3	27.3
0	0.00	0.13	0.0087	8.70	0.025	0.352	34.1	29.5
0	0.00	0.14	0.0104	10.45	0.028	0.373	32.2	31.8
0	0.00	0.15	0.0124	12.39	0.032	0.393	30.5	34.1
0	0.00	0.16	0.0145	14.53	0.035	0.413	29.1	36.3
0	0.00	0.17	0.0169	16.88	0.039	0.432	27.8	38.6
0	0.00	0.18	0.0194	19.44	0.043	0.450	26.7	40.9
0	0.00	0.19	0.0222	22.21	0.048	0.468	25.7	43.1
0	0.00	0.20	0.0252	25.21	0.052	0.485	24.7	45.4
0	0.00	0.21	0.0284	28.44	0.057	0.502	23.9	47.7
0	0.00	0.22	0.0319	31.91	0.062	0.518	23.2	50.0
0	0.00	0.23	0.0356	35.61	0.067	0.534	22.5	52.2

Pozn.: popis jednotlivých veličin kapitola 6.1

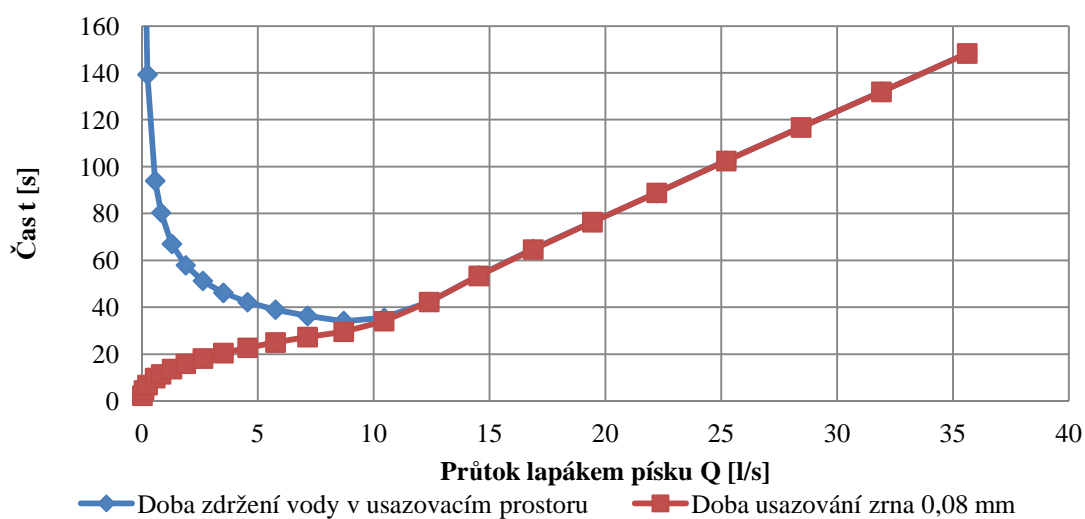


Graf 6.20 Závislost doby usazování a doby zdržení na průtoku lapákem písku a přepadu přes Thomsonův přeliv

Tab. 6.12 Výpočet průtoku podle měnicí se výšky Thomsonova přelivu

Posun Thomsonova žlabu (řízený)	Převýšení Thomsonova žlabu	Hloubka průtočného paprsku	Průtok	Průtok	Průtočná plocha	Rychlost proudění	Doba zdržení vody v usazovacím prostoru	Doba usazování zrna 0,08mm
$d_1$	$d$	$h$	$Q$	$Q$	$S$	$v$	$t_{UP}$	$t_{US}$
m	m	m	m <sup>3</sup> /s	l/s	m <sup>2</sup>	m/s	s	s
0	0.00	0.01	0.0000	0.02	0.001	0.022	544.8	2.3
0	0.00	0.02	0.0001	0.09	0.002	0.053	224.7	4.5
0	0.00	0.03	0.0002	0.23	0.003	0.086	139.3	6.8
0	0.00	0.04	0.00057	0.57	0.0044	0.13	93.9	9.8
0	0.00	0.05	0.0008	0.82	0.006	0.149	80.4	11.4
0	0.00	0.06	0.0013	1.29	0.007	0.179	67.1	13.6
0	0.00	0.07	0.0019	1.89	0.009	0.207	57.9	15.9
0	0.00	0.08	0.0026	2.62	0.011	0.234	51.2	18.2
0	0.00	0.09	0.0035	3.51	0.014	0.260	46.2	20.4
0	0.00	0.10	0.0046	4.55	0.016	0.284	42.2	22.7
0	0.00	0.11	0.0058	5.76	0.019	0.308	39.0	25.0
0	0.00	0.12	0.0071	7.14	0.022	0.331	36.3	27.3
0	0.00	0.13	0.0087	8.70	0.025	0.352	34.1	29.5
0	0.00	0.14	0.0104	10.45	0.028	0.373	32.2	31.8
0.036	0.04	0.15	0.0124	12.39	0.044	0.284	42.2	42.2
0.075	0.08	0.16	0.0145	14.53	0.065	0.224	53.5	53.4
0.115	0.11	0.17	0.0169	16.88	0.091	0.185	64.9	64.7
0.156	0.16	0.18	0.0194	19.44	0.124	0.157	76.4	76.3
0.201	0.20	0.19	0.0222	22.21	0.164	0.135	88.8	88.8
0.251	0.25	0.20	0.0252	25.21	0.215	0.117	102.5	102.4
0.304	0.30	0.21	0.0284	28.44	0.277	0.103	116.8	116.7
0.361	0.36	0.22	0.0319	31.91	0.351	0.091	131.9	131.9
0.423	0.42	0.23	0.0356	35.61	0.440	0.081	148.4	148.3

Pozn.: popis jednotlivých veličin kapitola 6.1



Graf 6.21 Závislost doby usazování a doby zdržení na průtoku lapákem písku a přepadu přes Thomsonův přeliv

## 6.2 Laboratorní výsledky

Laboratorní výsledky jsme mohli získat až s celkovým dokončením všech částí laboratorního modelu a hlavně po vyzkoušení funkčnosti plovákového regulátoru. Ten se nám podařilo optimálně nastavit až po několika dnech zkoušení a upravování jednotlivých částí regulátoru.



Obr. 6.1 Regulační zařízení

Laboratorními výsledky v našem případě bylo hlavně zjištění, že vše funguje tak jak jsme chtěli a potřebovali. Po té jsme mohli v části přítoku, v místě usazovacího prostoru a odtoku na Thomsonově přelivu změřit jednotlivé rychlosti v těchto částech.

V přítokové části jsme použili vzorečku na výpočet průtoku (Jandora – Stara - Starý, 2002).

$$Q = mb\sqrt{2gh}^{3/2}$$

6.7

V usazovací části jsme měřili průtok pomocí vodoměrné vrtule podle (Jandora – Stara - Starý, 2002):

$$v = \alpha + \beta n$$

6.8

kde je:

$v$  – rychlost v m/s

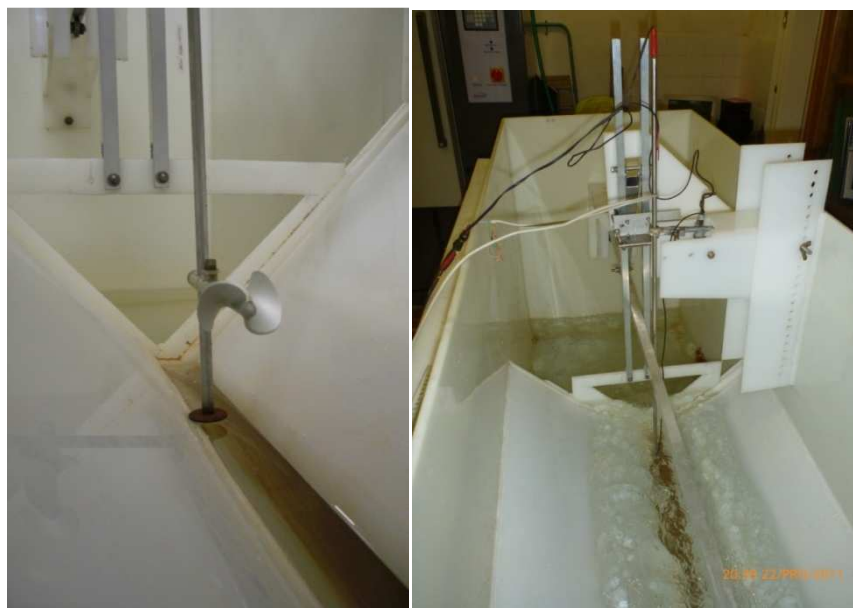
$n$  – počet otáček propeleru za sekundu

$\alpha, \beta$  – konstanty

Pro námi použitou vrtulku platí vztah:

$$v = 0,0285 + 0,106 n$$

6.9



Obr. 6.2 Vodoměrná vrtulka v usazovací části

Měření průtoku v místě Thomsonova přelivu podle Kinga:

$$Q = 1.343 h^{2.47}$$

6.10



Obr. 6.3 Přepad vody přes Thomsonův přeliv

Naměřené hodnoty jsou zapsány v tabulkách tab. 6.13 až tab. 6.17.

Tab. 6.13 Čerpadla 1, 2, 3, 4 bez regulace Thomsonovým přelivem

Měření průtoku	Č. měření	1	2	3	1	2	3
		Hloubka h1 [mm]	Hloubka h2 [mm]	3. Počet otáček p [ot./min]	$(x_i - \mu(x))^2$	$(x_i - \mu(x))^2$	$(x_i - \mu(x))^2$
	1	163	81	230	9.00	0.64	1043.29
	2	158	81	193	4.00	0.64	22.09
	3	160	83	193	0.00	1.44	22.09
	4	160	82	195	0.00	0.04	7.29
	5	161	82	198	1.00	0.04	0.09
	6	158	81	182	4.00	0.64	246.49
	7	160	82	201	0.00	0.04	10.89
	8	159	81	189	1.00	0.64	75.69
	9	161	83	195	1.00	1.44	7.29
	10	160	82	201	0.00	0.04	10.89
<b>Průměr [s] – Suma [-]</b>	=	<b>160.0</b>	<b>81.8</b>	<b>197.7</b>	<b>20.00</b>	<b>5.60</b>	<b>1446.10</b>
<b>Standardní nejistota <math>\pm u_A</math> [s]</b>	=				<b>0.471</b>	<b>0.249</b>	<b>4.008</b>
<b>Standardní nejistota <math>\pm u_A</math> [%]</b>	=				<b>0.295</b>	<b>0.305</b>	<b>2.028</b>
<b>Rozšířená nejistota <math>\pm U_b</math> [%]</b>	=				<b>0.589</b>	<b>0.610</b>	<b>4.055</b>
<b>Rozšířená nejistota <math>\pm U_a</math> [%]</b>	=				<b>0.884</b>	<b>0.915</b>	<b>6.083</b>
<b>Rych. na př. (zúžení) [m/s]</b>	=	0.64					
<b>Rych. na Thoms. př. [m/s]</b>	=	0.41					
<b>Rych. v usaz. prost. [m/s]</b>	=	<b>0.38</b>					

Tab. 6.14 Čerpadla 2, 3, 4 bez regulace Thomsonovým přelivem

Měření průtoku	Č. měření	1	2	3	1	2	3
		Hl. h1 [mm]	Hl. h2 [mm]	Poč. ot. [ot./min]	$(x_i - \mu(x))^2$	$(x_i - \mu(x))^2$	$(x_i - \mu(x))^2$
	1	128	74	201	1024.0	60.84	50.41
	2	129	76	193	961.0	33.64	0.81
	3	134	73	193	676.0	77.44	0.81
	4	130	75	195	900.0	46.24	1.21
	5	136	74	198	576.0	60.84	16.81
	6	135	75	182	625.0	46.24	141.61
	7	135	74	197	625.0	60.84	9.61
	8	134	76	189	676.0	33.64	24.01
	9	136	75	195	576.0	46.24	1.21
	10	134	74	196	676.0	60.84	4.41
<b>Průměr [s] – Suma [-]</b>	=	<b>133.1</b>	<b>74.6</b>	<b>193.9</b>	<i>7315.0</i>	<i>526.80</i>	<i>250.90</i>
<b>Standardní nejist. <math>\pm u_A</math> [s]</b>	=				<b>9.015</b>	<b>2.419</b>	<b>1.670</b>
<b>Standardní nejist. <math>\pm u_A</math> [%]</b>	=				<b>6.773</b>	<b>3.243</b>	<b>0.861</b>
<b>Rozšířená nejist. <math>\pm U_b</math> [%]</b>	=				<b>13.547</b>	<b>6.486</b>	<b>1.722</b>
<b>Rozšířená nejist. <math>\pm U_a</math> [%]</b>	=				<b>20.320</b>	<b>9.729</b>	<b>2.583</b>
<b>Rychl. na přítoku [m/s]</b>	=	0.58					
<b>Rychl. na Thoms. Př. [m/s]</b>	=	0.40					
<b>Rychl. v usaz. pr. [m/s]</b>	=	<b>0.37</b>					

Tab. 6.15 Průtoky v jednotlivých částech lapáku písku

Při použití čtyř čerpadel			
Thomsonův přeliv	Průtok na přítoku Q1 [m <sup>3</sup> /s]	Průtok v usaz. prostoru Q2 [m <sup>3</sup> /s]	Průtok na Thoms. přelivu Q3 [m <sup>3</sup> /s]
<b>Bez regulace</b>	0.06	0.0044	0.0028
<b>S regulací</b>	0.06	0.0038	0.0038



Tab. 6.16 Čerpadla 1, 3 s regulací pomocí Thomsonova přelivu

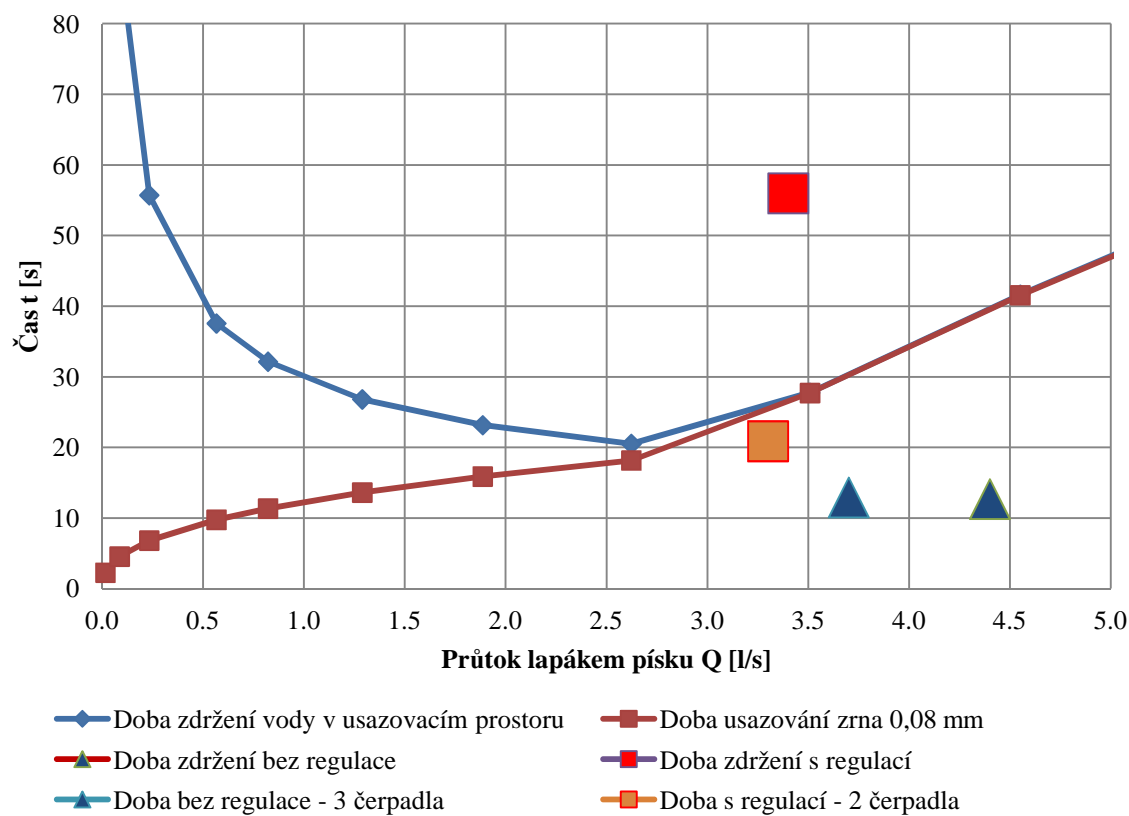
	Č. měření	1	2	3	1	2	3
		Hl. h1 [mm]	Hl. h2 [mm]	Poč. ot. [ot./min]	$(x_i - \mu(x))^2$	$(x_i - \mu(x))^2$	$(x_i - \mu(x))^2$
Měření průtoku	1	104	93	114	3136.0	125.4	6384.0
	2	105	95	116	3025.0	174.2	6068.4
	3	105	93	113	3025.0	125.4	6544.8
	4	105	92	114	3025.0	104.0	6384.0
	5	106	93	114	2916.0	125.4	6384.0
	6	105	93	112	3025.0	125.4	6707.6
	7	105	92	112	3025.0	104.0	6707.6
	8	105	92	113	3025.0	104.0	6544.8
	9	105	94	115	3025.0	148.8	6225.2
	10	105	94	116	3025.0	148.8	6068.4
<b>Průměr [s] – Suma [-]</b>	=	<b>105.0</b>	<b>93.1</b>	<b>113.9</b>	<i>30252.0</i>	<i>1285.8</i>	<i>64018.9</i>
<b>Standardní nejist. <math>\pm u_A</math> [s]</b>	=				<b>18.334</b>	<b>3.78</b>	<b>26.67</b>
<b>Standardní nejist. <math>\pm u_A</math> [%]</b>	=				<b>17.461</b>	<b>4.06</b>	<b>23.42</b>
<b>Rozšířená nejist. <math>\pm U_b</math> [%]</b>	=				<b>34.922</b>	<b>8.12</b>	<b>46.83</b>
<b>Rozšířená nejist. <math>\pm U_a</math> [%]</b>	=				<b>52.383</b>	<b>12.18</b>	<b>70.25</b>
<b>Rychl. na přítoku [m/s]</b>	=	0.52					
<b>Rychl. na Thoms. Př. [m/s]</b>	=	0.44					
<b>Rychl. v usaz. pr. [m/s]</b>	=	<b>0.23</b>					

Tab. 6.17 Čerpadla 1, 2, 3, 4 s regulací pomocí Thomsonova přelivu

Měření průtoku	Č. měření	1	2	3	4	1	2	3	4
		Hl. h1 [mm]	Hl. h2 [mm]	P.ot. 4cm [ot/m]	P. ot. 10cm [ot/m]	$(x_i - \mu(x))^2$	$(x_i - \mu(x))^2$	$(x_i - \mu(x))^2$	$(x_i - \mu(x))^3$
	1	160	93	30	66	0.09	0.09	5.76	26.01
	2	160	93	31	61	0.09	0.09	1.96	0.01
	3	158	93	31	63	2.89	0.09	1.96	4.41
	4	160	93	31	60	0.09	0.09	1.96	0.81
	5	160	92	30	58	0.09	0.49	5.76	8.41
	6	160	93	32	57	0.09	0.09	0.16	15.21
	7	160	93	32	60	0.09	0.09	0.16	0.81
	8	159	91	29	57	0.49	2.89	11.56	15.21
	9	160	93	35	67	0.09	0.09	6.76	37.21
	10	160	93	43	60	0.09	0.09	112.36	0.81
<b>Průměr [s] – Suma [-]</b>	=	<b>159.7</b>	<b>92.7</b>	<b>32.4</b>	<b>60.9</b>	<b>4.10</b>	<b>4.10</b>	<b>148.40</b>	<b>108.90</b>
<b>Standardní nejist. <math>\pm u_A</math> [s]</b>	=					<b>0.213</b>	<b>0.213</b>	<b>1.284</b>	<b>1.100</b>
<b>Standardní nejist. <math>\pm u_A</math> [%]</b>	=					<b>0.134</b>	<b>0.230</b>	<b>3.963</b>	<b>1.806</b>
<b>Rozšířená nejist. <math>\pm U_b</math> [%]</b>	=					<b>0.267</b>	<b>0.460</b>	<b>7.926</b>	<b>3.612</b>
<b>Rozšířená nejist. <math>\pm U_a</math> [%]</b>	=					<b>0.401</b>	<b>0.691</b>	<b>11.890</b>	<b>5.419</b>
<b>Rychl. na přítoku [m/s]</b>	=	0.64							
<b>Rychl. na Thoms.př. [m/s]</b>	=	0.56							
<b>R. v usaz. pros. 4 cm [m/s]</b>	=	0.09							
<b>R.v usaz. pros. 10 cm [m/s]</b>	=	0.14							

Na Graf 6.22 jsou zobrazené body, které naznačují reálnou dobu zdržení při nezapojení regulátoru průtočné plochy (zobrazené dva modré body). Při regulování průtoku se doba zdržení zvýší, tak jak jsme předpokládali (červený bod). Poslední měření, které bylo provedeno, bylo zaměřeno na menší průtok, resp. zjištění doby zdržení.

Porovnáním čtyř vyhodnocených hodnot (každé měření vychází z 10 měřených průtočných rychlostí) dochází k výraznému rozkolísání průtočných rychlostí, což je způsobené nejspíše nedostatečně dlouhým usazovacím prostorem. Při nátoku z první části (část s plovákovým prvkem) do usazovacího prostoru dochází k výraznému bystřinnému proudění, které přechází ve vodní skok. Vlivem změny režimu proudění dochází k rozkolísání hladiny, provzdušnění vodního prostředí, což může ovlivnit přesnost výsledku. Taktéž odtok z usazovacího prostoru, na němž se vytváří kritická hloubka, může taktéž měření rychlosti ovlivnit.



Graf 6.22 Doby zdržení označené body bez použití regulace a s použitím regulace průtoku

## 7 Matematický model

### 7.1 Ostrohranný přeliv

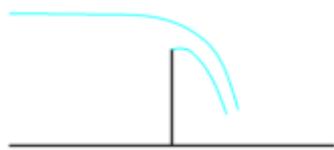
Posledním popisovaným profilem v lapáku písku je ostrohranný přeliv, pomocí kterého je možné snadno stanovit průtok v předřazené části. Stejně jako u vodohospodářských objektů plní stejnou funkci i v případě lapáku písku.

Přelivy z pohledu konstrukčního se obecně podle (Havlík, 2002) v praxi slouží jako:

- provozní části vzdouvacích staveb (jezy, přehrady)
- bezpečnostní zařízení (přehrady, rybníky atd.)
- oddělení části průtoku (dešťové oddělovače, závlahové kanály atd.)
- měření průtoku

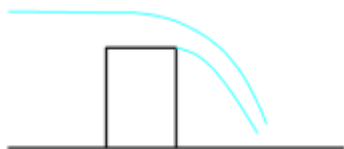
Podle tvaru konstrukce se rozeznávají základní typy přelivů:

- přepad přes ostrohranný přeliv  $t < 0,67h$  (měrné přelivy)



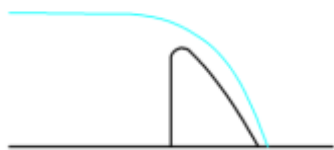
Obr. 7.1 Ostrohranný přeliv

- přepad přes jezový přeliv  $0,67h < t < 2h$



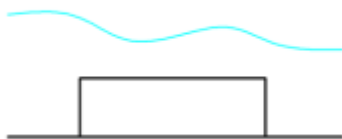
Obr. 7.2 Jezový přeliv

- přepad přes proudnicový přeliv



**Obr. 7.3 Proudnicový přeliv**

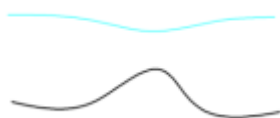
- přepad přes širokou korunu  $t > 2h$



**Obr. 7.4 Přeliv s širokou korunou**

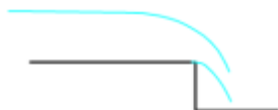
Speciální typy přelivů, vyskytující se u vodohospodářských staveb, jsou:

- přepad s nízkým prahem ve dně - Jambourův práh



**Obr. 7.5 Jambourův práh**

- stupeň ve dně



**Obr. 7.6 Stupeň ve dně**

- šachtové přelivy

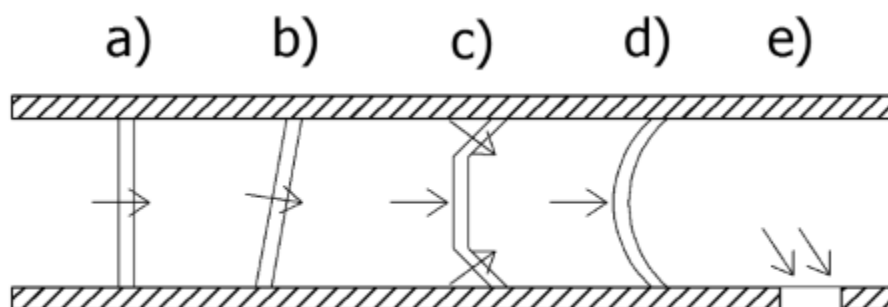


Obr. 7.7 Šachtový přeliv

- násoskové přelivy

Podle půdorysného uspořádání:

- čelní přeliv
- šikmý přeliv
- lomený přeliv
- zakřivený přeliv
- boční přeliv



Obr. 7.8 a) čelní přeliv, b) šikmý přeliv, c) lomený přeliv, d) zakřivený přeliv, e) boční přeliv

Označení základních částí přelivu a jeho rozměrů:

$h$  – přepadová výška

$s$  – výška přelivu v horní vodě

$s_d$  – výška přepadu v dolní vodě

$H$  – spád hladin

$h_{\sigma}$  – výška zatopení přelivu

$y_d$  – hloubka dolní vody

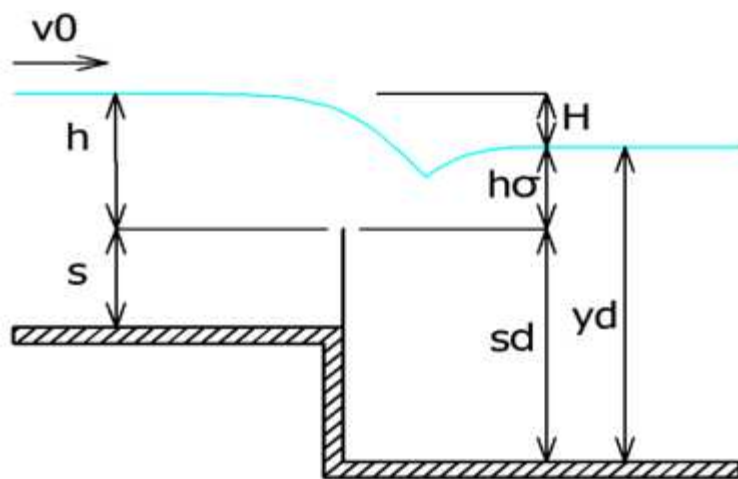
$B$  – šířka přírodního koryta/kanálu

$b$  – šířka přepadu (délka koruny)

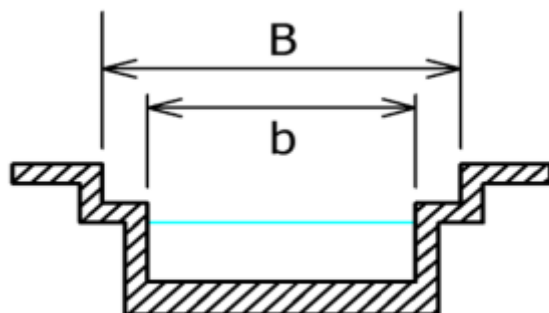
$v_0$  – přítoková rychlost,  $v_0 = Q / [B (s + h)]$

$\mu, m$  – součinitel přepadu

U popisovaného lapáku písku se jako přelivná konstrukce vyskytuje část těsně před usazovacím prostorem. V místě, popisovaném na Obr. 7.9, se např. prostor s přítokovou rychlostí  $v_0$  vyskytuje za hrubými česlemi. Výška přelivu v horní vodě  $s$  je nulová. Podle projekčních typizovaných parametrů by měla být výška zatopení přelivu nulová (resp. nemělo by dojít zdaleka k ovlivnění dolní vodou), v praxi na popisovaném lapáku je však skutečnost jiná – dolní voda způsobuje zatopení přelivu vlivem vysoko umístěného Thomasonova přelivu na konci usazovacího prostoru. Podle Obr. 7.9 je hloubka dolní vody  $y_d$  výška hladiny v usazovacím profilu, která určuje při daném průtoku výšku potřebnou k usazení pískové částice. Podrobnosti týkající se usazovacích rychlostí jsou uvedené v kap. 6.1.



Obr. 7.9 Jednotlivé části a rozměry přelivu



Obr. 7.10 Příčný řez přelivem

Přepad přes ostrou hranu nastává, je-li tloušťka přelivné stěny zn.  $t$ :

$$t < 0,66 h$$

kde  $h$  je přepadová výška (výška přepadového paprsku) – což je převýšení hladiny nad nejnižší místo přelivné hrany. Ostrohranné přelivy se používají pro měření průtoků, z historického pohledu jsou laboratorně nejvíce ověřené. K dosažení přesnějších výsledků při měření průtoků jak v laboratoři, tak v praktickém užití se doporučuje dokonalý přepad, volný přepadový paprsek a dobré uklidnění přítoku, např. dostatečně dlouhým přímým přítokovým korytem. Přelivná stěna má být svislá a hladká, jednostranně upravená do břitu.

#### 7.1.1 Výpočet přepadu přes ostrou hranu, Bazinův přeliv

Při výpočtu přepadu přes ostrou hranu (obdélníkový přeliv se šířkou stěny  $t < 0,66 h$ ) se používá postupu jako při výpočtu volného průtoku otvorem ve svislé stěně.

$$Q = \mu \sqrt{2g} \int_0^h \left( h + \frac{\alpha v_0^2}{2g} \right)^{1/2} y dh \quad \text{kde} \quad y = y(H - h)$$

#### 7.1

Pro vodorovnou přelivnou hranu a obdélníkový profil  $y$  ( $H - h$ ) =  $b$  = konstanta, můžeme snadno provést integraci. Převýšení hladiny nad nejnižším bodem přelivné hrany budeme dále značit  $h$  a nazývat přepadovou výškou (výškou přepadového paprsku). Přepadové množství  $Q$  je pak dáno Weisbachovou rovnicí (Jandora – Stara - Starý, 2002).



$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left[ \left( h + \frac{\alpha v_0^2}{2g} \right)^{3/2} - \left( \frac{\alpha v_0^2}{2g} \right)^{3/2} \right]$$

7.2

kde  $\mu$  je součinitel přepadu daného přelivu,  $h$  přepadová výška,  $k = \alpha v_0^2 / 2g$  přítoková rychlostní výška a veličinu  $h_0 = h + k$  nazýváme energetická přepadová výška (Jandora – Stara - Starý, 2002). Výpočet průtoku při neznámé přítokové rychlosti  $v_0$  provedeme postupným přibližováním  $Q$  a  $v_0$ . Neuvažujeme-li s přítokovou rychlostí, obdržíme rovnici Poleniovu nebo Dubuatovu (Jandora – Stara - Starý, 2002).

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} h^{3/2}$$

7.3

Součinitel přepadu je závislý na typu přelivu, přepadové výšce  $h$ , výšce stěny  $s$  a též na tlaku v prostoru pod paprskem.

Obdélníkový ostrohranný přeliv bez bočního zúžení a zavzdušněným prostorem pod přepadovým paprskem se nazývá Bazinův. Bazinův přeliv je základním typem ostrohranných přelivů. Jelikož byl pečlivě zkoumán je základním měrným přelivem (Jandora – Stara - Starý, 2002).

$$Q = m b \sqrt{2g} h^{\frac{3}{2}}$$

7.4

kde je:

$m$  – Bazinův součinitel přepadu (zahrnuje ztráty a koncentraci na přepadu a vliv přítokové rychlosti

Bazin podle svých pokusů stanovil součinitel přepadu  $m$ :

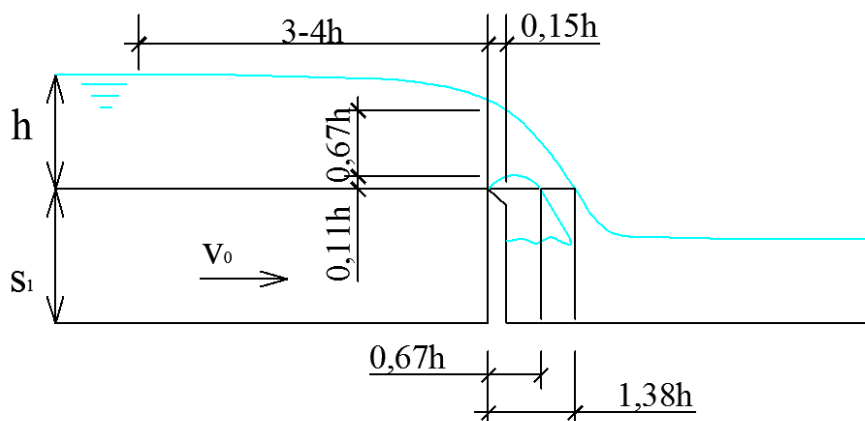
$$m = \left( 0,405 + \frac{0,003}{h} \right) \cdot \left[ 1 + 0,55 \cdot \left( \frac{h}{h + s_1} \right)^2 \right] \quad 7.5$$

S platností pro chybu (chyba < 1%):

$$0,1 < h < 1,24 \text{ m}$$

$$0,2 < b < 2,0 \text{ m}$$

$$0,2 < s_1 < 2,0 \text{ m}$$



**Obr. 7.11 Bazinův přeliv**

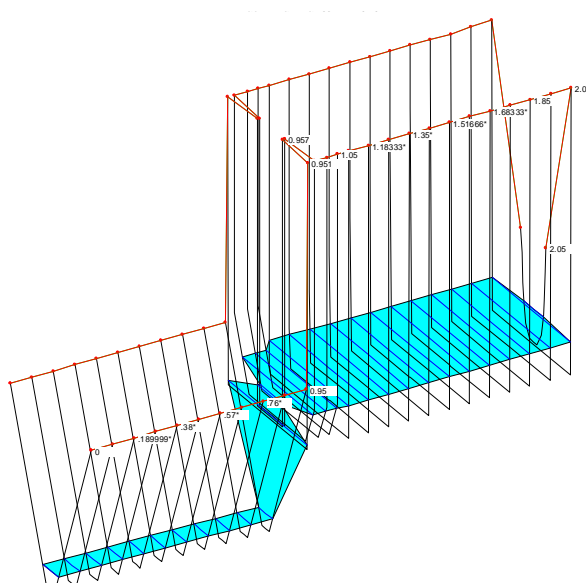
Přepadové paprsky jsou u Bazinova přelivu vzájemně podobné a Bazin udal jejich charakteristické rozměry v poměru k přepadové výšce Obr. 7.11. Ve vzdálenosti  $3h$  nad přelivem je snížení hladiny na  $0,003h$  a nad přelivnou hranou na  $0,15h$ . Z toho plyne, že se přepadová výška musí měřit ve vzdálenosti  $3h$  až  $4h$  před přelivem. Přeliv odéníkový s tloušťkou stěny  $t < 0,66h$  nemá vliv na tvar přepadového paprsku, proto se může řadit mezi ostrohranné přelivy (Jandora – Stara - Starý, 2002).

## 7.2 Stručný popis HEC-RAS verze 4.0

Společnost USACE (U.S. Army Corps of Engineers) vyvíjí hydraulický výpočetní systém HEC (Hydraulic Engineering Center) od roku 1964. Softwarová část River Analysis System (RAS) je určena pro komplexní modelování povrchových vodních toků. Tento software umožňuje jednodimenzionální výpočet ustáleného i neustáleného nerovnoměrného proudění, transportu znečištění (pohyblivého dna) a modelování změn teploty proudící vody.

Program HEC-RAS 4.0. umožňuje výpočet nerovnoměrného proudění v otevřených korytech, v ustáleném i v neustáleném režimu. Je integrovaným prostředkem, který umožňuje interaktivní provoz, obsahuje moduly hydraulické analýzy, obsluhy datové báze, vizualizaci vstupních dat i výsledků. Významné jsou jeho možnosti výpočtu objektů na toku, příčných i podélných staveb. Umožňuje numerickou simulaci stromových sítí, bifurkací a okružních říčních systémů. Jako produkt federálního rozsahu, je standardním prostředkem pro plánování, návrh a protipovodňovou ochranu ve Spojených státech.

Další podrobnosti k programu HEC – RAS se dají najít na internetových stránkách <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>.



Obr. 7.12 Laboratorní model zpracovaný v programu HEC – RAS

### 7.2.1 Koryto v místě přelivu zúžené na 0,05 m

Tab. 7.1 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody  $Q = 1 \text{ l/s}$

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0.001	0.21	0.26	0.23	0.26	0.000304	0.17	0.01	0.15	0.27
0.001	0.21	0.26		0.26	0.000006	0.03	0.03	0.62	0.04
0.001	0.21	0.26		0.26	0.000006	0.03	0.03	0.62	0.04
0.001	0.21	0.26		0.26	0.000006	0.03	0.03	0.62	0.04
0.001	0.21	0.26		0.26	0.000006	0.03	0.03	0.62	0.04
0.001	0.21	0.26		0.26	0.000006	0.03	0.03	0.62	0.04
0.001	0.21	0.26		0.26	0.000006	0.03	0.03	0.62	0.04
0.001	0.21	0.26		0.26	0.000006	0.03	0.03	0.62	0.04
0.001	0.21	0.26		0.26	0.000006	0.03	0.03	0.62	0.04
0.001	0.21	0.26		0.26	0.000006	0.03	0.03	0.62	0.04
0.001	0.21	0.26		0.26	0.000006	0.03	0.03	0.62	0.04
0.001	0.21	0.26		0.26	0.000006	0.03	0.03	0.62	0.04
0.001	0.21	0.26		0.26	0.000006	0.03	0.03	0.62	0.04
0.001	0.21	0.26		0.26	0.000005	0.03	0.03	0.63	0.04
0.001	0.21	0.26		0.26	0.000005	0.03	0.03	0.63	0.04
0.001	0.21	0.26		0.26	0.000009	0.04	0.03	0.55	0.05
0.001	0.21	0.26		0.26	0.000009	0.04	0.03	0.55	0.05
0.001	0.21	0.26		0.26	0.000009	0.04	0.03	0.55	0.05
0.001	0.21	0.24	0.24	0.26	0.007215	0.52	0	0.05	0.85
0.001	0.21	0.24	0.24	0.26	0.010153	0.59	0	0.05	1.04
0.001	0.21	0.21	0.21	0.22	0.003684	0.22	0	0.62	0.84
0.001	0	0.01	0.03	0.2	0.31529	1.94	0	0.07	7.39
0.001	0	0.01	0.03	0.16	0.225799	1.73	0	0.08	6.32
0.001	0	0.01	0.03	0.13	0.166884	1.57	0	0.08	5.48
0.001	0	0.01	0.03	0.11	0.126469	1.43	0	0.08	4.81
0.001	0	0.01	0.03	0.1	0.09779	1.31	0	0.08	4.26
0.001	0	0.01	0.03	0.09	0.082367	1.23	0	0.08	3.93
0.001	0	0.01	0.03	0.08	0.069996	1.17	0	0.08	3.64
0.001	0	0.01	0.03	0.08	0.05995	1.11	0	0.08	3.38
0.001	0	0.01	0.03	0.07	0.051699	1.05	0	0.08	3.15
0.001	0	0.01	0.03	0.06	0.044855	1	0	0.08	2.95
0.001	0	0.01	0.03	0.06	0.038805	0.95	0	0.09	2.75

Tab. 7.2 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 5 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0.005	0.21	0.36	0.27	0.36	0.000207	0.21	0.02	0.19	0.19
0.005	0.21	0.36		0.36	0.000005	0.05	0.1	0.62	0.04
0.005	0.21	0.36		0.36	0.000005	0.05	0.1	0.62	0.04
0.005	0.21	0.36		0.36	0.000005	0.05	0.1	0.62	0.04
0.005	0.21	0.36		0.36	0.000005	0.05	0.1	0.62	0.04
0.005	0.21	0.36		0.36	0.000005	0.05	0.1	0.62	0.04
0.005	0.21	0.36		0.36	0.000005	0.05	0.1	0.62	0.04
0.005	0.21	0.36		0.36	0.000005	0.05	0.1	0.62	0.04
0.005	0.21	0.36		0.36	0.000005	0.05	0.1	0.63	0.04
0.005	0.21	0.36		0.36	0.000005	0.05	0.1	0.63	0.04
0.005	0.21	0.36		0.36	0.000005	0.05	0.1	0.63	0.04
0.005	0.21	0.36		0.36	0.000005	0.05	0.1	0.63	0.04
0.005	0.21	0.36		0.36	0.000005	0.05	0.1	0.63	0.04
0.005	0.21	0.36		0.36	0.000006	0.06	0.09	0.63	0.05
0.005	0.21	0.36		0.36	0.000006	0.06	0.09	0.63	0.05
0.005	0.21	0.36		0.36	0.000006	0.06	0.09	0.63	0.05
0.005	0.21	0.31	0.31	0.36	0.017953	0.99	0.01	0.05	0.99
0.005	0.21	0.31	0.31	0.36	0.018255	1	0.01	0.05	1
0.005	0.21	0.22	0.22	0.23	0.004231	0.44	0.01	0.62	1.03
0.005	0	0.03	0.06	0.22	0.074158	1.91	0	0.11	4.03
0.005	0	0.03	0.06	0.21	0.068391	1.85	0	0.12	3.87
0.005	0	0.03	0.06	0.2	0.063178	1.8	0	0.12	3.73
0.005	0	0.03	0.06	0.19	0.058455	1.75	0	0.12	3.59
0.005	0	0.03	0.06	0.18	0.055725	1.72	0	0.12	3.51
0.005	0	0.03	0.06	0.18	0.053033	1.69	0	0.12	3.43
0.005	0	0.03	0.06	0.17	0.050394	1.66	0	0.12	3.35
0.005	0	0.03	0.06	0.17	0.047821	1.63	0	0.12	3.26
0.005	0	0.03	0.06	0.16	0.045324	1.6	0	0.12	3.18
0.005	0	0.03	0.06	0.16	0.042911	1.56	0	0.12	3.1
0.005	0	0.04	0.06	0.16	0.040589	1.53	0	0.12	3.02

Tab. 7.3 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 10 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0.01	0.21	0.45	0.3	0.45	0.000203	0.24	0.04	0.2	0.17
0.01	0.21	0.45		0.45	0.000006	0.06	0.15	0.63	0.04
0.01	0.21	0.45		0.45	0.000006	0.06	0.15	0.63	0.04
0.01	0.21	0.45		0.45	0.000006	0.06	0.15	0.63	0.04
0.01	0.21	0.45		0.45	0.000006	0.06	0.15	0.63	0.04
0.01	0.21	0.45		0.45	0.000006	0.06	0.15	0.63	0.04
0.01	0.21	0.45		0.45	0.000006	0.06	0.15	0.63	0.04
0.01	0.21	0.45		0.45	0.000006	0.06	0.15	0.63	0.04
0.01	0.21	0.45		0.45	0.000006	0.06	0.15	0.63	0.04
0.01	0.21	0.45		0.45	0.000006	0.06	0.15	0.63	0.04
0.01	0.21	0.45		0.45	0.000006	0.06	0.15	0.63	0.04
0.01	0.21	0.45		0.45	0.000006	0.06	0.16	0.63	0.04
0.01	0.21	0.45		0.45	0.000006	0.06	0.16	0.63	0.04
0.01	0.21	0.45		0.45	0.000006	0.06	0.16	0.63	0.04
0.01	0.21	0.45		0.45	0.000006	0.07	0.15	0.63	0.05
0.01	0.21	0.45		0.45	0.000006	0.07	0.15	0.63	0.05
0.01	0.21	0.45		0.45	0.000006	0.07	0.15	0.63	0.05
0.01	0.21	0.37	0.37	0.45	0.025936	1.25	0.01	0.05	1
0.01	0.21	0.37	0.37	0.45	0.026052	1.25	0.01	0.05	1
0.01	0.21	0.21	0.24	0.43	0.287987	2.07	0	0.62	7.5
0.01	0	0.04	0.09	0.41	0.116346	2.71	0	0.13	5.14
0.01	0	0.04	0.09	0.4	0.109893	2.65	0	0.13	5
0.01	0	0.04	0.09	0.38	0.103889	2.6	0	0.13	4.87
0.01	0	0.04	0.09	0.37	0.098297	2.55	0	0.13	4.74
0.01	0	0.04	0.09	0.36	0.093082	2.5	0	0.13	4.62
0.01	0	0.04	0.09	0.35	0.088213	2.45	0	0.14	4.5
0.01	0	0.04	0.09	0.34	0.083661	2.4	0	0.14	4.39
0.01	0	0.04	0.09	0.33	0.079378	2.35	0	0.14	4.28
0.01	0	0.04	0.09	0.32	0.075264	2.31	0	0.14	4.17
0.01	0	0.04	0.09	0.3	0.071183	2.26	0	0.14	4.06
0.01	0	0.04	0.09	0.29	0.067261	2.21	0	0.14	3.95

Tab. 7.4 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 15 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0.015	0.21	0.53	0.32	0.53	0.000217	0.26	0.06	0.2	0.16
0.015	0.21	0.53		0.53	0.000006	0.07	0.2	0.63	0.04
0.015	0.21	0.53		0.53	0.000006	0.07	0.2	0.63	0.04
0.015	0.21	0.53		0.53	0.000006	0.07	0.2	0.63	0.04
0.015	0.21	0.53		0.53	0.000006	0.07	0.2	0.63	0.04
0.015	0.21	0.53		0.53	0.000006	0.07	0.2	0.63	0.04
0.015	0.21	0.53		0.53	0.000006	0.07	0.2	0.63	0.04
0.015	0.21	0.53		0.53	0.000006	0.07	0.2	0.63	0.04
0.015	0.21	0.53		0.53	0.000006	0.07	0.2	0.63	0.04
0.015	0.21	0.53		0.53	0.000006	0.07	0.2	0.63	0.04
0.015	0.21	0.53		0.53	0.000006	0.07	0.2	0.63	0.04
0.015	0.21	0.53		0.53	0.000006	0.07	0.2	0.63	0.04
0.015	0.21	0.53		0.53	0.000006	0.07	0.2	0.63	0.04
0.015	0.21	0.53		0.53	0.000006	0.07	0.2	0.63	0.04
0.015	0.21	0.53		0.53	0.000006	0.07	0.2	0.63	0.04
0.015	0.21	0.53		0.53	0.000006	0.08	0.19	0.63	0.04
0.015	0.21	0.53		0.53	0.000006	0.08	0.19	0.63	0.04
0.015	0.21	0.53		0.53	0.000006	0.08	0.19	0.63	0.04
0.015	0.21	0.42	0.41	0.52	0.032168	1.42	0.01	0.05	0.99
0.015	0.21	0.41	0.41	0.52	0.032927	1.44	0.01	0.05	1.01
0.015	0.21	0.22	0.25	0.5	0.26597	2.37	0.01	0.62	7.5
0.015	0	0.05	0.11	0.48	0.107157	2.92	0.01	0.15	5.02
0.015	0	0.05	0.11	0.47	0.102642	2.88	0.01	0.15	4.92
0.015	0	0.05	0.11	0.46	0.098363	2.83	0.01	0.15	4.82
0.015	0	0.05	0.11	0.45	0.094273	2.79	0.01	0.15	4.72
0.015	0	0.05	0.11	0.43	0.09032	2.74	0.01	0.15	4.63
0.015	0	0.05	0.11	0.42	0.086499	2.7	0.01	0.15	4.53
0.015	0	0.05	0.11	0.41	0.082807	2.65	0.01	0.16	4.44
0.015	0	0.05	0.11	0.4	0.079126	2.61	0.01	0.16	4.34
0.015	0	0.05	0.11	0.39	0.075564	2.57	0.01	0.16	4.25
0.015	0	0.05	0.11	0.38	0.07215	2.52	0.01	0.16	4.16
0.015	0	0.05	0.11	0.37	0.070136	2.49	0.01	0.16	4.1

**Tab. 7.5 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody  $Q = 20 \text{ l/s}$**

[illegible]



### 7.2.2 Koryto v místě přelivu zúžené na 0,1 m

**Tab. 7.6 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody  $Q = 1$  l/s**

[illegible]

Tab. 7.7 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 5 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0.005	0.21	0.3	0.27	0.31	0.001059	0.4	0.01	0.17	0.48
0.005	0.21	0.3		0.3	0.000022	0.08	0.06	0.62	0.08
0.005	0.21	0.3		0.3	0.000022	0.08	0.06	0.62	0.08
0.005	0.21	0.3		0.3	0.000022	0.08	0.06	0.62	0.08
0.005	0.21	0.3		0.3	0.000022	0.08	0.06	0.62	0.08
0.005	0.21	0.3		0.3	0.000022	0.08	0.06	0.62	0.08
0.005	0.21	0.3		0.3	0.000022	0.08	0.06	0.62	0.08
0.005	0.21	0.3		0.3	0.000022	0.08	0.06	0.62	0.08
0.005	0.21	0.3		0.3	0.000022	0.08	0.06	0.62	0.08
0.005	0.21	0.3		0.3	0.000022	0.08	0.06	0.62	0.08
0.005	0.21	0.3		0.3	0.000021	0.08	0.06	0.63	0.08
0.005	0.21	0.3		0.3	0.000021	0.08	0.06	0.63	0.08
0.005	0.21	0.3		0.3	0.000021	0.08	0.06	0.63	0.08
0.005	0.21	0.3		0.3	0.000029	0.1	0.05	0.6	0.1
0.005	0.21	0.3		0.3	0.000029	0.1	0.05	0.6	0.1
0.005	0.21	0.3		0.3	0.000029	0.1	0.05	0.6	0.1
0.005	0.21	0.27	0.27	0.3	0.007272	0.79	0.01	0.1	0.99
0.005	0.21	0.27	0.27	0.3	0.007311	0.79	0.01	0.1	1
0.005	0.21	0.22	0.22	0.23	0.004231	0.44	0.01	0.62	1.03
0.005	0	0.03	0.06	0.22	0.074158	1.91	0	0.11	4.03
0.005	0	0.03	0.06	0.21	0.068391	1.85	0	0.12	3.87
0.005	0	0.03	0.06	0.2	0.063178	1.8	0	0.12	3.73
0.005	0	0.03	0.06	0.19	0.058455	1.75	0	0.12	3.59
0.005	0	0.03	0.06	0.18	0.055725	1.72	0	0.12	3.51
0.005	0	0.03	0.06	0.18	0.053033	1.69	0	0.12	3.43
0.005	0	0.03	0.06	0.17	0.050394	1.66	0	0.12	3.35
0.005	0	0.03	0.06	0.17	0.047821	1.63	0	0.12	3.26
0.005	0	0.03	0.06	0.16	0.045324	1.6	0	0.12	3.18
0.005	0	0.03	0.06	0.16	0.042911	1.56	0	0.12	3.1
0.005	0	0.04	0.06	0.16	0.040589	1.53	0	0.12	3.02

Tab. 7.8 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 10 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0.01	0.21	0.35	0.3	0.37	0.000922	0.45	0.02	0.19	0.41
0.01	0.21	0.36		0.36	0.000022	0.1	0.1	0.62	0.08
0.01	0.21	0.36		0.36	0.000022	0.1	0.1	0.62	0.08
0.01	0.21	0.36		0.36	0.000022	0.1	0.1	0.62	0.08
0.01	0.21	0.36		0.36	0.000022	0.1	0.1	0.62	0.08
0.01	0.21	0.36		0.36	0.000022	0.1	0.1	0.62	0.08
0.01	0.21	0.36		0.36	0.000022	0.1	0.1	0.62	0.08
0.01	0.21	0.36		0.36	0.000022	0.1	0.1	0.62	0.08
0.01	0.21	0.36		0.36	0.000022	0.1	0.1	0.63	0.08
0.01	0.21	0.36		0.36	0.000022	0.1	0.1	0.63	0.08
0.01	0.21	0.36		0.36	0.000022	0.1	0.1	0.63	0.08
0.01	0.21	0.36		0.36	0.000021	0.1	0.1	0.63	0.08
0.01	0.21	0.36		0.36	0.000021	0.1	0.1	0.63	0.08
0.01	0.21	0.36		0.36	0.000021	0.1	0.1	0.63	0.08
0.01	0.21	0.36		0.36	0.000026	0.11	0.09	0.63	0.1
0.01	0.21	0.36		0.36	0.000026	0.11	0.09	0.63	0.1
0.01	0.21	0.36		0.36	0.000026	0.11	0.09	0.63	0.1
0.01	0.21	0.31	0.31	0.36	0.009103	0.99	0.01	0.1	0.99
0.01	0.21	0.31	0.31	0.36	0.00923	1	0.01	0.1	1
0.01	0.21	0.22	0.24	0.35	0.124574	1.61	0.01	0.62	5.12
0.01	0	0.04	0.09	0.33	0.081138	2.37	0	0.14	4.32
0.01	0	0.04	0.09	0.32	0.076953	2.33	0	0.14	4.22
0.01	0	0.04	0.09	0.31	0.072933	2.28	0	0.14	4.11
0.01	0	0.04	0.09	0.3	0.068941	2.23	0	0.14	4
0.01	0	0.05	0.09	0.29	0.066665	2.21	0	0.14	3.94
0.01	0	0.05	0.09	0.29	0.064409	2.18	0	0.14	3.87
0.01	0	0.05	0.09	0.28	0.06218	2.15	0	0.14	3.81
0.01	0	0.05	0.09	0.28	0.059985	2.12	0	0.14	3.74
0.01	0	0.05	0.09	0.27	0.057829	2.09	0	0.14	3.68
0.01	0	0.05	0.09	0.26	0.055716	2.06	0	0.15	3.61
0.01	0	0.05	0.09	0.26	0.053653	2.04	0	0.15	3.55

Tab. 7.9 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 15 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0.015	0.21	0.4	0.32	0.41	0.000883	0.48	0.03	0.2	0.38
0.015	0.21	0.41		0.41	0.000023	0.12	0.13	0.62	0.08
0.015	0.21	0.41		0.41	0.000023	0.12	0.13	0.62	0.08
0.015	0.21	0.41		0.41	0.000023	0.12	0.13	0.62	0.08
0.015	0.21	0.41		0.41	0.000023	0.12	0.13	0.62	0.08
0.015	0.21	0.41		0.41	0.000023	0.12	0.13	0.62	0.08
0.015	0.21	0.41		0.41	0.000023	0.12	0.13	0.63	0.08
0.015	0.21	0.41		0.41	0.000023	0.12	0.13	0.63	0.08
0.015	0.21	0.41		0.41	0.000023	0.12	0.13	0.63	0.08
0.015	0.21	0.41		0.41	0.000022	0.12	0.13	0.63	0.08
0.015	0.21	0.41		0.41	0.000022	0.12	0.13	0.63	0.08
0.015	0.21	0.41		0.41	0.000022	0.12	0.13	0.63	0.08
0.015	0.21	0.41		0.41	0.000025	0.13	0.12	0.63	0.09
0.015	0.21	0.41		0.41	0.000025	0.13	0.12	0.63	0.09
0.015	0.21	0.41		0.41	0.000025	0.13	0.12	0.63	0.09
0.015	0.21	0.34	0.34	0.4	0.010742	1.14	0.01	0.1	1
0.015	0.21	0.34	0.34	0.4	0.01081	1.14	0.01	0.1	1
0.015	0.21	0.22	0.25	0.39	0.116389	1.85	0.01	0.62	5.15
0.015	0	0.05	0.11	0.37	0.070988	2.51	0.01	0.16	4.12
0.015	0	0.06	0.11	0.37	0.068976	2.48	0.01	0.16	4.07
0.015	0	0.06	0.11	0.36	0.06699	2.45	0.01	0.16	4.01
0.015	0	0.06	0.11	0.36	0.065032	2.43	0.01	0.16	3.95
0.015	0	0.06	0.11	0.35	0.063103	2.4	0.01	0.16	3.9
0.015	0	0.06	0.11	0.34	0.061207	2.37	0.01	0.16	3.84
0.015	0	0.06	0.11	0.34	0.059346	2.34	0.01	0.16	3.78
0.015	0	0.06	0.11	0.33	0.057522	2.32	0.01	0.16	3.73
0.015	0	0.06	0.11	0.33	0.055737	2.29	0.01	0.17	3.67
0.015	0	0.06	0.11	0.32	0.053992	2.26	0.01	0.17	3.62
0.015	0	0.06	0.11	0.31	0.05229	2.24	0.01	0.17	3.56

Tab. 7.10 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 20 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
0.02	0.21	0.44	0.34	0.46	0.000878	0.5	0.04	0.2	0.36
0.02	0.21	0.45		0.45	0.000024	0.13	0.15	0.63	0.08
0.02	0.21	0.45		0.45	0.000024	0.13	0.15	0.63	0.08
0.02	0.21	0.45		0.45	0.000024	0.13	0.15	0.63	0.08
0.02	0.21	0.45		0.45	0.000024	0.13	0.15	0.63	0.08
0.02	0.21	0.45		0.45	0.000024	0.13	0.15	0.63	0.08
0.02	0.21	0.45		0.45	0.000024	0.13	0.15	0.63	0.08
0.02	0.21	0.45		0.45	0.000024	0.13	0.15	0.63	0.08
0.02	0.21	0.45		0.45	0.000024	0.13	0.15	0.63	0.08
0.02	0.21	0.45		0.45	0.000024	0.13	0.15	0.63	0.08
0.02	0.21	0.45		0.45	0.000023	0.13	0.15	0.63	0.08
0.02	0.21	0.45		0.45	0.000023	0.13	0.15	0.63	0.08
0.02	0.21	0.45		0.45	0.000023	0.13	0.16	0.63	0.08
0.02	0.21	0.45		0.45	0.000023	0.13	0.16	0.63	0.08
0.02	0.21	0.45		0.45	0.000025	0.14	0.15	0.63	0.09
0.02	0.21	0.45		0.45	0.000025	0.14	0.15	0.63	0.09
0.02	0.21	0.45		0.45	0.000025	0.14	0.15	0.63	0.09
0.02	0.21	0.37	0.37	0.45	0.012212	1.25	0.02	0.1	1
0.02	0.21	0.37	0.37	0.45	0.012245	1.25	0.02	0.1	1
0.02	0.21	0.22	0.25	0.43	0.110337	2.03	0.01	0.62	5.14
0.02	0	0.06	0.13	0.41	0.065957	2.62	0.01	0.18	4.03
0.02	0	0.06	0.13	0.41	0.064215	2.6	0.01	0.18	3.98
0.02	0	0.07	0.13	0.4	0.062506	2.57	0.01	0.18	3.93
0.02	0	0.07	0.13	0.4	0.060827	2.54	0.01	0.18	3.87
0.02	0	0.07	0.13	0.39	0.059179	2.52	0.01	0.18	3.82
0.02	0	0.07	0.13	0.38	0.057564	2.49	0.01	0.18	3.77
0.02	0	0.07	0.13	0.38	0.055982	2.47	0.01	0.18	3.72
0.02	0	0.07	0.13	0.37	0.054434	2.44	0.01	0.18	3.67
0.02	0	0.07	0.13	0.36	0.05292	2.41	0.01	0.18	3.62
0.02	0	0.07	0.13	0.36	0.05144	2.39	0.01	0.18	3.58
0.02	0	0.07	0.13	0.36	0.050403	2.37	0.01	0.18	3.54

### 7.2.3 Koryto v místě přelivu zúžené na 0,15 m

Tab. 7.11 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody  $Q = 1 \text{ l/s}$

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0.001	0.21	0.23	0.23	0.24	0.005033	0.45	0	0.12	1.06
0.001	0.21	0.23	0.21	0.23	0.000053	0.06	0.02	0.62	0.12
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000053	0.06	0.02	0.62	0.12
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000053	0.06	0.02	0.62	0.12
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000053	0.06	0.02	0.62	0.12
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000053	0.06	0.02	0.62	0.12
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000053	0.06	0.02	0.62	0.12
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000053	0.06	0.02	0.62	0.12
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000053	0.06	0.02	0.62	0.12
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000054	0.06	0.02	0.62	0.12
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000054	0.06	0.02	0.62	0.12
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000054	0.06	0.02	0.62	0.12
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000053	0.06	0.02	0.62	0.12
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000052	0.06	0.02	0.63	0.12
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000096	0.08	0.01	0.5	0.16
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000096	0.08	0.01	0.5	0.16
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000096	0.08	0.01	0.5	0.16
0.001	0.21	0.23	0.22	0.23	0.002523	0.32	0	0.15	0.71
0.001	0.21	0.22	0.22	0.23	0.007928	0.47	0	0.15	1.25
0.001	0.21	0.21	0.21	0.22	0.003684	0.22	0	0.62	0.84
0.001	0	0.01	0.03	0.2	0.31529	1.94	0	0.07	7.39
0.001	0	0.01	0.03	0.16	0.225799	1.73	0	0.08	6.32
0.001	0	0.01	0.03	0.13	0.166884	1.57	0	0.08	5.48
0.001	0	0.01	0.03	0.11	0.126469	1.43	0	0.08	4.81
0.001	0	0.01	0.03	0.1	0.09779	1.31	0	0.08	4.26
0.001	0	0.01	0.03	0.09	0.082367	1.23	0	0.08	3.93
0.001	0	0.01	0.03	0.08	0.069996	1.17	0	0.08	3.64
0.001	0	0.01	0.03	0.08	0.05995	1.11	0	0.08	3.38
0.001	0	0.01	0.03	0.07	0.051699	1.05	0	0.08	3.15
0.001	0	0.01	0.03	0.06	0.044855	1	0	0.08	2.95
0.001	0	0.01	0.03	0.06	0.038805	0.95	0	0.09	2.75

Tab. 7.12 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 5 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0.005	0.21	0.27	0.27	0.29	0.004284	0.68	0.01	0.16	1
0.005	0.21	0.28	0.22	0.28	0.00005	0.11	0.05	0.62	0.13
0.005	0.21	0.28		0.28	0.00005	0.11	0.05	0.62	0.13
0.005	0.21	0.28		0.28	0.00005	0.11	0.05	0.62	0.13
0.005	0.21	0.28		0.28	0.00005	0.11	0.05	0.62	0.13
0.005	0.21	0.28		0.28	0.00005	0.11	0.05	0.62	0.13
0.005	0.21	0.28		0.28	0.00005	0.11	0.05	0.62	0.13
0.005	0.21	0.28		0.28	0.00005	0.11	0.05	0.62	0.13
0.005	0.21	0.28		0.28	0.00005	0.11	0.05	0.62	0.13
0.005	0.21	0.28		0.28	0.00005	0.11	0.05	0.62	0.13
0.005	0.21	0.28		0.28	0.00005	0.11	0.05	0.62	0.13
0.005	0.21	0.28		0.28	0.00005	0.11	0.05	0.63	0.13
0.005	0.21	0.28		0.28	0.000049	0.11	0.05	0.63	0.13
0.005	0.21	0.28		0.28	0.000048	0.11	0.05	0.63	0.12
0.005	0.21	0.28		0.28	0.000075	0.13	0.04	0.58	0.16
0.005	0.21	0.28		0.28	0.000075	0.13	0.04	0.58	0.16
0.005	0.21	0.28		0.28	0.000075	0.13	0.04	0.58	0.16
0.005	0.21	0.25	0.25	0.28	0.00519	0.69	0.01	0.15	1
0.005	0.21	0.25	0.25	0.28	0.005249	0.69	0.01	0.15	1
0.005	0.21	0.22	0.22	0.23	0.004231	0.44	0.01	0.62	1.03
0.005	0	0.03	0.06	0.22	0.074158	1.91	0	0.11	4.03
0.005	0	0.03	0.06	0.21	0.068391	1.85	0	0.12	3.87
0.005	0	0.03	0.06	0.2	0.063178	1.8	0	0.12	3.73
0.005	0	0.03	0.06	0.19	0.058455	1.75	0	0.12	3.59
0.005	0	0.03	0.06	0.18	0.055725	1.72	0	0.12	3.51
0.005	0	0.03	0.06	0.18	0.053033	1.69	0	0.12	3.43
0.005	0	0.03	0.06	0.17	0.050394	1.66	0	0.12	3.35
0.005	0	0.03	0.06	0.17	0.047821	1.63	0	0.12	3.26
0.005	0	0.03	0.06	0.16	0.045324	1.6	0	0.12	3.18
0.005	0	0.03	0.06	0.16	0.042911	1.56	0	0.12	3.1
0.005	0	0.04	0.06	0.16	0.040589	1.53	0	0.12	3.02

Tab. 7.13 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 10 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
0.01	0.21	0.31	0.3	0.33	0.003292	0.73	0.01	0.17	0.83
0.01	0.21	0.32		0.33	0.000049	0.14	0.07	0.62	0.13
0.01	0.21	0.32		0.33	0.000049	0.14	0.07	0.62	0.13
0.01	0.21	0.32		0.33	0.000049	0.14	0.07	0.62	0.13
0.01	0.21	0.32		0.33	0.000049	0.14	0.07	0.62	0.13
0.01	0.21	0.32		0.33	0.000049	0.14	0.07	0.62	0.13
0.01	0.21	0.32		0.33	0.000049	0.14	0.07	0.62	0.13
0.01	0.21	0.32		0.33	0.000049	0.14	0.07	0.62	0.13
0.01	0.21	0.32		0.33	0.000049	0.14	0.07	0.62	0.13
0.01	0.21	0.32		0.33	0.000049	0.14	0.07	0.62	0.13
0.01	0.21	0.32		0.33	0.000049	0.14	0.07	0.63	0.13
0.01	0.21	0.32		0.32	0.000049	0.14	0.07	0.63	0.13
0.01	0.21	0.32		0.32	0.000048	0.14	0.07	0.63	0.13
0.01	0.21	0.32		0.32	0.000047	0.13	0.07	0.63	0.12
0.01	0.21	0.32		0.32	0.000063	0.15	0.06	0.62	0.15
0.01	0.21	0.32		0.32	0.000063	0.15	0.06	0.62	0.15
0.01	0.21	0.32		0.32	0.000063	0.15	0.06	0.62	0.15
0.01	0.21	0.28	0.28	0.32	0.005844	0.86	0.01	0.15	0.99
0.01	0.21	0.28	0.28	0.32	0.005952	0.87	0.01	0.15	1
0.01	0.21	0.22	0.24	0.31	0.073798	1.37	0.01	0.62	4.03
0.01	0	0.04	0.09	0.3	0.067651	2.22	0	0.14	3.96
0.01	0	0.05	0.09	0.29	0.065382	2.19	0	0.14	3.9
0.01	0	0.05	0.09	0.28	0.063141	2.16	0	0.14	3.83
0.01	0	0.05	0.09	0.28	0.060931	2.13	0	0.14	3.77
0.01	0	0.05	0.09	0.27	0.058757	2.11	0	0.14	3.7
0.01	0	0.05	0.09	0.27	0.056625	2.08	0	0.15	3.64
0.01	0	0.05	0.09	0.26	0.054538	2.05	0	0.15	3.57
0.01	0	0.05	0.09	0.26	0.052501	2.02	0	0.15	3.51
0.01	0	0.05	0.09	0.25	0.050516	1.99	0.01	0.15	3.44
0.01	0	0.05	0.09	0.25	0.048584	1.96	0.01	0.15	3.38
0.01	0	0.05	0.09	0.24	0.04671	1.93	0.01	0.15	3.32



Tab. 7.14 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 15 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0.015	0.21	0.34	0.32	0.37	0.002784	0.75	0.02	0.18	0.73
0.015	0.21	0.36		0.36	0.00005	0.16	0.1	0.62	0.13
0.015	0.21	0.36		0.36	0.00005	0.16	0.1	0.62	0.13
0.015	0.21	0.36		0.36	0.00005	0.16	0.1	0.62	0.13
0.015	0.21	0.36		0.36	0.00005	0.16	0.1	0.62	0.13
0.015	0.21	0.36		0.36	0.00005	0.16	0.1	0.62	0.13
0.015	0.21	0.36		0.36	0.00005	0.16	0.1	0.62	0.13
0.015	0.21	0.36		0.36	0.00005	0.16	0.1	0.62	0.13
0.015	0.21	0.36		0.36	0.00005	0.16	0.1	0.63	0.13
0.015	0.21	0.36		0.36	0.00005	0.16	0.1	0.63	0.13
0.015	0.21	0.36		0.36	0.00005	0.16	0.1	0.63	0.13
0.015	0.21	0.36		0.36	0.000049	0.16	0.1	0.63	0.13
0.015	0.21	0.36		0.36	0.000048	0.15	0.1	0.63	0.13
0.015	0.21	0.36		0.36	0.000048	0.15	0.1	0.63	0.12
0.015	0.21	0.36		0.36	0.000059	0.17	0.09	0.63	0.15
0.015	0.21	0.36		0.36	0.000059	0.17	0.09	0.63	0.15
0.015	0.21	0.36		0.36	0.000059	0.17	0.09	0.63	0.15
0.015	0.21	0.31	0.31	0.36	0.0065	0.99	0.02	0.15	0.99
0.015	0.21	0.31	0.31	0.36	0.006598	1	0.02	0.15	1
0.015	0.21	0.22	0.25	0.35	0.068444	1.57	0.01	0.62	4.03
0.015	0	0.06	0.11	0.33	0.057277	2.31	0.01	0.16	3.72
0.015	0	0.06	0.11	0.32	0.055495	2.29	0.01	0.17	3.66
0.015	0	0.06	0.11	0.32	0.053755	2.26	0.01	0.17	3.61
0.015	0	0.06	0.11	0.31	0.052057	2.23	0.01	0.17	3.55
0.015	0	0.06	0.11	0.31	0.0504	2.2	0.01	0.17	3.5
0.015	0	0.06	0.11	0.3	0.048785	2.18	0.01	0.17	3.44
0.015	0	0.06	0.11	0.3	0.047666	2.16	0.01	0.17	3.41
0.015	0	0.06	0.11	0.29	0.046573	2.14	0.01	0.17	3.37
0.015	0	0.06	0.11	0.29	0.045507	2.12	0.01	0.17	3.33
0.015	0	0.06	0.11	0.29	0.044466	2.1	0.01	0.17	3.29
0.015	0	0.06	0.11	0.28	0.04345	2.09	0.01	0.17	3.26

Tab. 7.15 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 20 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
0.02	0.21	0.37	0.34	0.4	0.002577	0.77	0.03	0.19	0.67
0.02	0.21	0.39		0.39	0.000051	0.17	0.12	0.62	0.13
0.02	0.21	0.39		0.39	0.000051	0.17	0.12	0.62	0.13
0.02	0.21	0.39		0.39	0.000051	0.17	0.12	0.62	0.13
0.02	0.21	0.39		0.39	0.000051	0.17	0.12	0.62	0.13
0.02	0.21	0.39		0.39	0.000051	0.17	0.12	0.62	0.13
0.02	0.21	0.39		0.39	0.000051	0.17	0.12	0.63	0.13
0.02	0.21	0.39		0.39	0.000051	0.17	0.12	0.63	0.13
0.02	0.21	0.39		0.39	0.000051	0.17	0.12	0.63	0.13
0.02	0.21	0.39		0.39	0.000051	0.17	0.12	0.63	0.13
0.02	0.21	0.39		0.39	0.00005	0.17	0.12	0.63	0.13
0.02	0.21	0.39		0.39	0.00005	0.17	0.12	0.63	0.13
0.02	0.21	0.39		0.39	0.000049	0.17	0.12	0.63	0.12
0.02	0.21	0.39		0.39	0.000057	0.18	0.11	0.63	0.14
0.02	0.21	0.39		0.39	0.000057	0.18	0.11	0.63	0.14
0.02	0.21	0.39		0.39	0.000057	0.18	0.11	0.63	0.14
0.02	0.21	0.33	0.33	0.39	0.007089	1.09	0.02	0.15	0.99
0.02	0.21	0.33	0.33	0.39	0.007231	1.1	0.02	0.15	1
0.02	0.21	0.22	0.25	0.38	0.066524	1.74	0.01	0.62	4.08
0.02	0	0.07	0.13	0.37	0.0532	2.42	0.01	0.18	3.63
0.02	0	0.07	0.13	0.36	0.051713	2.39	0.01	0.18	3.59
0.02	0	0.07	0.13	0.36	0.050669	2.37	0.01	0.18	3.55
0.02	0	0.07	0.13	0.35	0.049648	2.36	0.01	0.19	3.52
0.02	0	0.07	0.13	0.35	0.048649	2.34	0.01	0.19	3.48
0.02	0	0.07	0.13	0.34	0.04767	2.32	0.01	0.19	3.45
0.02	0	0.07	0.13	0.34	0.046712	2.3	0.01	0.19	3.41
0.02	0	0.07	0.13	0.34	0.045775	2.29	0.01	0.19	3.38
0.02	0	0.07	0.13	0.33	0.044857	2.27	0.01	0.19	3.35
0.02	0	0.07	0.13	0.33	0.043959	2.25	0.01	0.19	3.32
0.02	0	0.07	0.13	0.33	0.04308	2.23	0.01	0.19	3.28

### 7.2.4 Koryto v místě přelivu zúžené na 0,20 m

Tab. 7.16 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody  $Q = 1 \text{ l/s}$

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0.001	0.21	0.23	0.23	0.24	0.005033	0.45	0	0.12	1.06
0.001	0.21	0.23	0.21	0.23	0.000109	0.08	0.01	0.62	0.17
0.001	0.21	0.23		0.23	0.00011	0.08	0.01	0.62	0.17
0.001	0.21	0.23		0.23	0.00011	0.08	0.01	0.62	0.17
0.001	0.21	0.23		0.23	0.00011	0.08	0.01	0.62	0.17
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000111	0.08	0.01	0.62	0.17
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000111	0.08	0.01	0.62	0.17
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000111	0.08	0.01	0.62	0.17
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000112	0.08	0.01	0.62	0.17
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000112	0.08	0.01	0.62	0.17
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000112	0.08	0.01	0.62	0.17
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000112	0.08	0.01	0.62	0.17
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000108	0.08	0.01	0.63	0.17
0.001	0.21	0.23		0.23	0.000209	0.1	0.01	0.49	0.23
0.001	0.21	0.23		0.23	0.00021	0.1	0.01	0.49	0.23
0.001	0.21	0.23		0.23	0.00021	0.1	0.01	0.49	0.24
0.001	0.21	0.22	0.22	0.23	0.003387	0.33	0	0.2	0.84
0.001	0.21	0.22	0.22	0.23	0.005416	0.38	0	0.2	1.05
0.001	0.21	0.21	0.21	0.22	0.003684	0.22	0	0.62	0.84
0.001	0	0.01	0.03	0.2	0.31529	1.94	0	0.07	7.39
0.001	0	0.01	0.03	0.16	0.225799	1.73	0	0.08	6.32
0.001	0	0.01	0.03	0.13	0.166884	1.57	0	0.08	5.48
0.001	0	0.01	0.03	0.11	0.126469	1.43	0	0.08	4.81
0.001	0	0.01	0.03	0.1	0.09779	1.31	0	0.08	4.26
0.001	0	0.01	0.03	0.09	0.082367	1.23	0	0.08	3.93
0.001	0	0.01	0.03	0.08	0.069996	1.17	0	0.08	3.64
0.001	0	0.01	0.03	0.08	0.05995	1.11	0	0.08	3.38
0.001	0	0.01	0.03	0.07	0.051699	1.05	0	0.08	3.15
0.001	0	0.01	0.03	0.06	0.044855	1	0	0.08	2.95
0.001	0	0.01	0.03	0.06	0.038805	0.95	0	0.09	2.75

Tab. 7.17 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 5 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0.005	0.21	0.27	0.27	0.29	0.004284	0.68	0.01	0.16	1
0.005	0.21	0.27	0.22	0.27	0.000092	0.13	0.04	0.62	0.17
0.005	0.21	0.27		0.27	0.000092	0.13	0.04	0.62	0.17
0.005	0.21	0.27		0.27	0.000092	0.13	0.04	0.62	0.17
0.005	0.21	0.27		0.27	0.000092	0.13	0.04	0.62	0.17
0.005	0.21	0.27		0.27	0.000093	0.13	0.04	0.62	0.17
0.005	0.21	0.27		0.27	0.000093	0.13	0.04	0.62	0.17
0.005	0.21	0.27		0.27	0.000093	0.13	0.04	0.62	0.17
0.005	0.21	0.27		0.27	0.000093	0.13	0.04	0.62	0.17
0.005	0.21	0.27		0.27	0.000093	0.13	0.04	0.62	0.17
0.005	0.21	0.27		0.27	0.000093	0.13	0.04	0.62	0.17
0.005	0.21	0.27		0.27	0.000091	0.13	0.04	0.63	0.17
0.005	0.21	0.27		0.27	0.000089	0.13	0.04	0.63	0.17
0.005	0.21	0.27		0.27	0.000149	0.16	0.03	0.56	0.23
0.005	0.21	0.27		0.27	0.000149	0.16	0.03	0.56	0.23
0.005	0.21	0.27		0.27	0.000149	0.16	0.03	0.56	0.23
0.005	0.21	0.25	0.25	0.27	0.004431	0.62	0.01	0.2	0.99
0.005	0.21	0.25	0.25	0.27	0.004536	0.63	0.01	0.2	1
0.005	0.21	0.21	0.22	0.26	0.055094	0.96	0.01	0.62	3.32
0.005	0	0.03	0.06	0.24	0.090014	2.05	0	0.11	4.42
0.005	0	0.03	0.06	0.23	0.082645	1.99	0	0.11	4.24
0.005	0	0.03	0.06	0.22	0.076032	1.93	0	0.11	4.08
0.005	0	0.03	0.06	0.21	0.07008	1.87	0	0.12	3.92
0.005	0	0.03	0.06	0.2	0.064707	1.82	0	0.12	3.77
0.005	0	0.03	0.06	0.19	0.059841	1.77	0	0.12	3.63
0.005	0	0.03	0.06	0.19	0.057099	1.74	0	0.12	3.55
0.005	0	0.03	0.06	0.18	0.054386	1.71	0	0.12	3.47
0.005	0	0.03	0.06	0.18	0.051718	1.67	0	0.12	3.39
0.005	0	0.03	0.06	0.17	0.04911	1.64	0	0.12	3.31
0.005	0	0.03	0.06	0.17	0.046576	1.61	0	0.12	3.22

Tab. 7.18 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 10 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
0.01	0.21	0.3	0.3	0.33	0.004609	0.83	0.01	0.17	1
0.01	0.21	0.3	0.24	0.3	0.000089	0.17	0.06	0.62	0.17
0.01	0.21	0.3		0.3	0.000089	0.17	0.06	0.62	0.17
0.01	0.21	0.3		0.3	0.000089	0.17	0.06	0.62	0.17
0.01	0.21	0.3		0.3	0.000089	0.17	0.06	0.62	0.17
0.01	0.21	0.3		0.3	0.00009	0.17	0.06	0.62	0.17
0.01	0.21	0.3		0.3	0.00009	0.17	0.06	0.62	0.17
0.01	0.21	0.3		0.3	0.00009	0.17	0.06	0.62	0.17
0.01	0.21	0.3		0.3	0.00009	0.17	0.06	0.62	0.17
0.01	0.21	0.3		0.3	0.00009	0.17	0.06	0.62	0.17
0.01	0.21	0.3		0.3	0.000089	0.17	0.06	0.63	0.17
0.01	0.21	0.3		0.3	0.000087	0.17	0.06	0.63	0.17
0.01	0.21	0.3		0.3	0.000085	0.16	0.06	0.63	0.17
0.01	0.21	0.3		0.3	0.000124	0.2	0.05	0.6	0.21
0.01	0.21	0.3		0.3	0.000124	0.2	0.05	0.6	0.21
0.01	0.21	0.3		0.3	0.000124	0.2	0.05	0.6	0.21
0.01	0.21	0.27	0.27	0.3	0.004703	0.79	0.01	0.2	1
0.01	0.21	0.27	0.27	0.3	0.00472	0.79	0.01	0.2	1
0.01	0.21	0.22	0.24	0.29	0.050184	1.22	0.01	0.62	3.38
0.01	0	0.05	0.09	0.28	0.060545	2.13	0	0.14	3.76
0.01	0	0.05	0.09	0.27	0.058376	2.1	0	0.14	3.69
0.01	0	0.05	0.09	0.27	0.056251	2.07	0	0.15	3.63
0.01	0	0.05	0.09	0.26	0.054173	2.04	0	0.15	3.56
0.01	0	0.05	0.09	0.25	0.052145	2.01	0	0.15	3.5
0.01	0	0.05	0.09	0.25	0.050169	1.99	0.01	0.15	3.43
0.01	0	0.05	0.09	0.24	0.048247	1.96	0.01	0.15	3.37
0.01	0	0.05	0.09	0.24	0.046382	1.93	0.01	0.15	3.31
0.01	0	0.05	0.09	0.23	0.044572	1.9	0.01	0.15	3.24
0.01	0	0.05	0.09	0.23	0.043345	1.88	0.01	0.15	3.2
0.01	0	0.05	0.09	0.23	0.042152	1.86	0.01	0.15	3.16

Tab. 7.19 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 15 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0.015	0.21	0.32	0.32	0.36	0.004976	0.94	0.02	0.18	1
0.015	0.21	0.33	0.25	0.33	0.00009	0.19	0.08	0.62	0.17
0.015	0.21	0.33		0.33	0.00009	0.19	0.08	0.62	0.17
0.015	0.21	0.33		0.33	0.00009	0.19	0.08	0.62	0.17
0.015	0.21	0.33		0.33	0.00009	0.19	0.08	0.62	0.17
0.015	0.21	0.33		0.33	0.00009	0.19	0.08	0.62	0.17
0.015	0.21	0.33		0.33	0.00009	0.19	0.08	0.62	0.17
0.015	0.21	0.33		0.33	0.00009	0.19	0.08	0.62	0.17
0.015	0.21	0.33		0.33	0.00009	0.19	0.08	0.62	0.17
0.015	0.21	0.33		0.33	0.00009	0.19	0.08	0.62	0.17
0.015	0.21	0.33		0.33	0.000089	0.19	0.08	0.63	0.17
0.015	0.21	0.33		0.33	0.000088	0.19	0.08	0.63	0.17
0.015	0.21	0.33		0.33	0.000087	0.19	0.08	0.63	0.17
0.015	0.21	0.33		0.33	0.000086	0.19	0.08	0.63	0.17
0.015	0.21	0.33		0.33	0.000114	0.22	0.07	0.63	0.21
0.015	0.21	0.33		0.33	0.000114	0.22	0.07	0.63	0.21
0.015	0.21	0.33		0.33	0.000114	0.22	0.07	0.63	0.21
0.015	0.21	0.29	0.29	0.33	0.005015	0.9	0.02	0.2	1
0.015	0.21	0.29	0.29	0.33	0.00503	0.9	0.02	0.2	1
0.015	0.21	0.22	0.25	0.32	0.04609	1.39	0.01	0.62	3.36
0.015	0	0.06	0.11	0.31	0.050503	2.21	0.01	0.17	3.5
0.015	0	0.06	0.11	0.3	0.048884	2.18	0.01	0.17	3.45
0.015	0	0.06	0.11	0.3	0.047763	2.16	0.01	0.17	3.41
0.015	0	0.06	0.11	0.29	0.046668	2.14	0.01	0.17	3.37
0.015	0	0.06	0.11	0.29	0.045599	2.12	0.01	0.17	3.33
0.015	0	0.06	0.11	0.29	0.044556	2.11	0.01	0.17	3.3
0.015	0	0.06	0.11	0.28	0.043538	2.09	0.01	0.17	3.26
0.015	0	0.06	0.11	0.28	0.042543	2.07	0.01	0.17	3.23
0.015	0	0.06	0.11	0.28	0.041573	2.05	0.01	0.17	3.19
0.015	0	0.06	0.11	0.27	0.040625	2.03	0.01	0.17	3.16
0.015	0	0.06	0.11	0.27	0.039701	2.02	0.01	0.17	3.12

Tab. 7.20 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 20 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
0.02	0.21	0.34	0.34	0.39	0.005297	1.03	0.02	0.18	1.01
0.02	0.21	0.36	0.25	0.36	0.000091	0.21	0.1	0.62	0.17
0.02	0.21	0.36		0.36	0.000091	0.21	0.1	0.62	0.17
0.02	0.21	0.36		0.36	0.000091	0.21	0.1	0.62	0.17
0.02	0.21	0.36		0.36	0.000091	0.21	0.1	0.62	0.17
0.02	0.21	0.36		0.36	0.000091	0.21	0.1	0.62	0.17
0.02	0.21	0.36		0.36	0.000091	0.21	0.1	0.62	0.17
0.02	0.21	0.36		0.36	0.000091	0.21	0.1	0.63	0.17
0.02	0.21	0.36		0.36	0.000091	0.21	0.1	0.63	0.17
0.02	0.21	0.36		0.36	0.00009	0.21	0.1	0.63	0.17
0.02	0.21	0.36		0.36	0.000089	0.21	0.1	0.63	0.17
0.02	0.21	0.36		0.36	0.000088	0.21	0.1	0.63	0.17
0.02	0.21	0.36		0.36	0.000087	0.21	0.1	0.63	0.17
0.02	0.21	0.36		0.36	0.000107	0.23	0.09	0.63	0.2
0.02	0.21	0.36		0.36	0.000107	0.23	0.09	0.63	0.2
0.02	0.21	0.36		0.36	0.000107	0.23	0.09	0.63	0.2
0.02	0.21	0.31	0.31	0.36	0.005291	0.99	0.02	0.2	0.99
0.02	0.21	0.31	0.31	0.36	0.00537	1	0.02	0.2	1
0.02	0.21	0.23	0.25	0.35	0.045886	1.55	0.01	0.62	3.44
0.02	0	0.07	0.13	0.34	0.045871	2.29	0.01	0.19	3.39
0.02	0	0.07	0.13	0.33	0.044949	2.27	0.01	0.19	3.35
0.02	0	0.07	0.13	0.33	0.044049	2.25	0.01	0.19	3.32
0.02	0	0.07	0.13	0.33	0.043168	2.24	0.01	0.19	3.29
0.02	0	0.07	0.13	0.32	0.042305	2.22	0.01	0.19	3.26
0.02	0	0.07	0.13	0.32	0.041461	2.2	0.01	0.19	3.23
0.02	0	0.07	0.13	0.32	0.040635	2.19	0.01	0.19	3.19
0.02	0	0.07	0.13	0.31	0.039826	2.17	0.01	0.19	3.16
0.02	0	0.07	0.13	0.31	0.039034	2.15	0.01	0.19	3.13
0.02	0	0.07	0.13	0.31	0.038258	2.14	0.01	0.19	3.1
0.02	0	0.07	0.13	0.3	0.037499	2.12	0.01	0.19	3.07

### 7.2.5 Koryto v místě přelivu zúžené na 0,25 m

Tab. 7.21 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody  $Q = 1 \text{ l/s}$

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0.001	0.21	0.23	0.23	0.24	0.005033	0.45	0	0.12	1.06
0.001	0.21	0.22	0.21	0.22	0.000182	0.09	0.01	0.62	0.21
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000183	0.09	0.01	0.62	0.21
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000184	0.09	0.01	0.62	0.21
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000184	0.09	0.01	0.62	0.21
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000186	0.09	0.01	0.62	0.21
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000186	0.09	0.01	0.62	0.21
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000187	0.09	0.01	0.62	0.21
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000189	0.09	0.01	0.62	0.22
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000189	0.09	0.01	0.62	0.22
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000189	0.09	0.01	0.62	0.22
0.001	0.21	0.22		0.22	0.00019	0.09	0.01	0.62	0.22
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000185	0.09	0.01	0.63	0.22
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000372	0.12	0.01	0.48	0.31
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000374	0.12	0.01	0.48	0.31
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000376	0.12	0.01	0.48	0.31
0.001	0.21	0.22	0.22	0.22	0.004729	0.34	0	0.25	0.99
0.001	0.21	0.22	0.22	0.22	0.004852	0.34	0	0.25	1
0.001	0.21	0.21	0.21	0.22	0.003684	0.22	0	0.62	0.84
0.001	0	0.01	0.03	0.2	0.31529	1.94	0	0.07	7.39
0.001	0	0.01	0.03	0.16	0.225799	1.73	0	0.08	6.32
0.001	0	0.01	0.03	0.13	0.166884	1.57	0	0.08	5.48
0.001	0	0.01	0.03	0.11	0.126469	1.43	0	0.08	4.81
0.001	0	0.01	0.03	0.1	0.09779	1.31	0	0.08	4.26
0.001	0	0.01	0.03	0.09	0.082367	1.23	0	0.08	3.93
0.001	0	0.01	0.03	0.08	0.069996	1.17	0	0.08	3.64
0.001	0	0.01	0.03	0.08	0.05995	1.11	0	0.08	3.38
0.001	0	0.01	0.03	0.07	0.051699	1.05	0	0.08	3.15
0.001	0	0.01	0.03	0.06	0.044855	1	0	0.08	2.95
0.001	0	0.01	0.03	0.06	0.038805	0.95	0	0.09	2.75



Tab. 7.22 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 5 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
0.005	0.21	0.27	0.27	0.29	0.004284	0.68	0.01	0.16	1
0.005	0.21	0.26	0.22	0.26	0.000148	0.15	0.03	0.62	0.21
0.005	0.21	0.26		0.26	0.000148	0.15	0.03	0.62	0.21
0.005	0.21	0.26		0.26	0.000148	0.15	0.03	0.62	0.21
0.005	0.21	0.26		0.26	0.000148	0.15	0.03	0.62	0.21
0.005	0.21	0.26		0.26	0.000149	0.15	0.03	0.62	0.22
0.005	0.21	0.26		0.26	0.000149	0.15	0.03	0.62	0.22
0.005	0.21	0.26		0.26	0.000149	0.15	0.03	0.62	0.22
0.005	0.21	0.26		0.26	0.00015	0.15	0.03	0.62	0.22
0.005	0.21	0.26		0.26	0.00015	0.15	0.03	0.62	0.22
0.005	0.21	0.26		0.26	0.000149	0.15	0.03	0.62	0.22
0.005	0.21	0.26		0.26	0.000148	0.15	0.03	0.63	0.22
0.005	0.21	0.26		0.26	0.000143	0.15	0.03	0.63	0.21
0.005	0.21	0.26		0.26	0.000253	0.2	0.03	0.54	0.29
0.005	0.21	0.26		0.26	0.000254	0.2	0.03	0.54	0.29
0.005	0.21	0.26		0.26	0.000254	0.2	0.03	0.54	0.29
0.005	0.21	0.24	0.24	0.26	0.003163	0.53	0.01	0.25	0.87
0.005	0.21	0.24	0.24	0.26	0.004474	0.59	0.01	0.25	1.03
0.005	0.21	0.22	0.22	0.25	0.041833	0.88	0.01	0.62	2.93
0.005	0	0.03	0.06	0.24	0.086165	2.02	0	0.11	4.33
0.005	0	0.03	0.06	0.22	0.079194	1.96	0	0.11	4.16
0.005	0	0.03	0.06	0.21	0.072928	1.9	0	0.11	4
0.005	0	0.03	0.06	0.2	0.06728	1.84	0	0.12	3.84
0.005	0	0.03	0.06	0.19	0.062173	1.79	0	0.12	3.7
0.005	0	0.03	0.06	0.19	0.059407	1.76	0	0.12	3.62
0.005	0	0.03	0.06	0.19	0.056668	1.73	0	0.12	3.54
0.005	0	0.03	0.06	0.18	0.053961	1.7	0	0.12	3.46
0.005	0	0.03	0.06	0.18	0.051302	1.67	0	0.12	3.38
0.005	0	0.03	0.06	0.17	0.048705	1.64	0	0.12	3.29
0.005	0	0.03	0.06	0.17	0.046183	1.61	0	0.12	3.21

Tab. 7.23 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 10 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
0.01	0.21	0.3	0.3	0.33	0.004609	0.83	0.01	0.17	1
0.01	0.21	0.29	0.24	0.29	0.000144	0.19	0.05	0.62	0.22
0.01	0.21	0.29		0.29	0.000144	0.19	0.05	0.62	0.22
0.01	0.21	0.29		0.29	0.000144	0.19	0.05	0.62	0.22
0.01	0.21	0.29		0.29	0.000144	0.19	0.05	0.62	0.22
0.01	0.21	0.29		0.29	0.000145	0.2	0.05	0.62	0.22
0.01	0.21	0.29		0.29	0.000145	0.2	0.05	0.62	0.22
0.01	0.21	0.29		0.29	0.000144	0.2	0.05	0.62	0.22
0.01	0.21	0.29		0.29	0.000145	0.2	0.05	0.62	0.22
0.01	0.21	0.29		0.29	0.000145	0.2	0.05	0.62	0.22
0.01	0.21	0.29		0.29	0.000144	0.19	0.05	0.63	0.22
0.01	0.21	0.29		0.29	0.000141	0.19	0.05	0.63	0.22
0.01	0.21	0.29		0.29	0.000138	0.19	0.05	0.63	0.21
0.01	0.21	0.29		0.29	0.000215	0.23	0.04	0.59	0.28
0.01	0.21	0.29		0.29	0.000215	0.23	0.04	0.59	0.28
0.01	0.21	0.29		0.29	0.000215	0.23	0.04	0.59	0.28
0.01	0.21	0.26	0.26	0.29	0.004165	0.73	0.01	0.25	1
0.01	0.21	0.26	0.26	0.29	0.004183	0.73	0.01	0.25	1
0.01	0.21	0.22	0.24	0.28	0.036175	1.1	0.01	0.62	2.91
0.01	0	0.05	0.09	0.27	0.056064	2.07	0	0.15	3.62
0.01	0	0.05	0.09	0.26	0.053989	2.04	0	0.15	3.56
0.01	0	0.05	0.09	0.25	0.051965	2.01	0	0.15	3.49
0.01	0	0.05	0.09	0.25	0.049994	1.98	0.01	0.15	3.43
0.01	0	0.05	0.09	0.24	0.048077	1.95	0.01	0.15	3.36
0.01	0	0.05	0.09	0.24	0.046217	1.93	0.01	0.15	3.3
0.01	0	0.05	0.09	0.23	0.044412	1.9	0.01	0.15	3.24
0.01	0	0.05	0.09	0.23	0.043189	1.88	0.01	0.15	3.2
0.01	0	0.05	0.09	0.23	0.042	1.86	0.01	0.15	3.15
0.01	0	0.05	0.09	0.22	0.040845	1.84	0.01	0.15	3.11
0.01	0	0.05	0.09	0.22	0.039722	1.82	0.01	0.15	3.07

Tab. 7.24 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 15 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0.015	0.21	0.32	0.32	0.36	0.004976	0.94	0.02	0.18	1
0.015	0.21	0.31	0.25	0.32	0.000143	0.22	0.07	0.62	0.22
0.015	0.21	0.31		0.32	0.000143	0.22	0.07	0.62	0.22
0.015	0.21	0.31		0.32	0.000143	0.22	0.07	0.62	0.22
0.015	0.21	0.31		0.32	0.000143	0.22	0.07	0.62	0.22
0.015	0.21	0.31		0.32	0.000144	0.22	0.07	0.62	0.22
0.015	0.21	0.31		0.32	0.000144	0.22	0.07	0.62	0.22
0.015	0.21	0.31		0.32	0.000143	0.22	0.07	0.62	0.22
0.015	0.21	0.31		0.32	0.000144	0.22	0.07	0.62	0.22
0.015	0.21	0.31		0.32	0.000143	0.22	0.07	0.62	0.22
0.015	0.21	0.31		0.32	0.000142	0.22	0.07	0.63	0.22
0.015	0.21	0.31		0.32	0.000139	0.22	0.07	0.63	0.22
0.015	0.21	0.31		0.32	0.000137	0.22	0.07	0.63	0.21
0.015	0.21	0.31		0.32	0.000194	0.26	0.06	0.61	0.27
0.015	0.21	0.31		0.32	0.000194	0.26	0.06	0.61	0.27
0.015	0.21	0.31		0.32	0.000194	0.26	0.06	0.61	0.27
0.015	0.21	0.28	0.28	0.31	0.004302	0.84	0.02	0.25	1
0.015	0.21	0.28	0.28	0.31	0.004317	0.84	0.02	0.25	1
0.015	0.21	0.22	0.25	0.31	0.035063	1.28	0.01	0.62	2.97
0.015	0	0.06	0.11	0.29	0.046134	2.13	0.01	0.17	3.35
0.015	0	0.06	0.11	0.29	0.045075	2.11	0.01	0.17	3.32
0.015	0	0.06	0.11	0.29	0.044044	2.1	0.01	0.17	3.28
0.015	0	0.06	0.11	0.28	0.043038	2.08	0.01	0.17	3.24
0.015	0	0.06	0.11	0.28	0.042056	2.06	0.01	0.17	3.21
0.015	0	0.06	0.11	0.28	0.041097	2.04	0.01	0.17	3.17
0.015	0	0.06	0.11	0.27	0.040161	2.03	0.01	0.17	3.14
0.015	0	0.06	0.11	0.27	0.039247	2.01	0.01	0.18	3.1
0.015	0	0.06	0.11	0.27	0.038355	1.99	0.01	0.18	3.07
0.015	0	0.06	0.11	0.26	0.037484	1.97	0.01	0.18	3.04
0.015	0	0.06	0.11	0.26	0.036634	1.96	0.01	0.18	3

Tab. 7.25 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 20 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
0.02	0.21	0.34	0.34	0.39	0.005297	1.03	0.02	0.18	1.01
0.02	0.21	0.34	0.25	0.34	0.000144	0.25	0.08	0.62	0.22
0.02	0.21	0.34		0.34	0.000144	0.25	0.08	0.62	0.22
0.02	0.21	0.34		0.34	0.000144	0.25	0.08	0.62	0.22
0.02	0.21	0.34		0.34	0.000144	0.25	0.08	0.62	0.22
0.02	0.21	0.34		0.34	0.000145	0.25	0.08	0.62	0.22
0.02	0.21	0.34		0.34	0.000144	0.25	0.08	0.62	0.22
0.02	0.21	0.34		0.34	0.000144	0.25	0.08	0.62	0.22
0.02	0.21	0.34		0.34	0.000145	0.25	0.08	0.62	0.22
0.02	0.21	0.34		0.34	0.000144	0.25	0.08	0.63	0.22
0.02	0.21	0.34		0.34	0.000142	0.24	0.08	0.63	0.22
0.02	0.21	0.34		0.34	0.00014	0.24	0.08	0.63	0.22
0.02	0.21	0.34		0.34	0.000138	0.24	0.08	0.63	0.21
0.02	0.21	0.34		0.34	0.000182	0.28	0.07	0.63	0.26
0.02	0.21	0.34		0.34	0.000183	0.28	0.07	0.63	0.26
0.02	0.21	0.34		0.34	0.000183	0.28	0.07	0.63	0.26
0.02	0.21	0.29	0.29	0.34	0.004448	0.92	0.02	0.25	1
0.02	0.21	0.29	0.29	0.34	0.00446	0.92	0.02	0.25	1
0.02	0.21	0.23	0.25	0.33	0.034352	1.42	0.01	0.62	3.01
0.02	0	0.07	0.13	0.32	0.04077	2.19	0.01	0.19	3.2
0.02	0	0.07	0.13	0.31	0.039955	2.17	0.01	0.19	3.17
0.02	0	0.07	0.13	0.31	0.039161	2.16	0.01	0.19	3.14
0.02	0	0.07	0.13	0.31	0.038383	2.14	0.01	0.19	3.11
0.02	0	0.07	0.13	0.3	0.037621	2.12	0.01	0.19	3.08
0.02	0	0.07	0.13	0.3	0.036876	2.11	0.01	0.19	3.05
0.02	0	0.07	0.13	0.3	0.036146	2.09	0.01	0.2	3.02
0.02	0	0.08	0.13	0.29	0.035431	2.08	0.01	0.2	2.99
0.02	0	0.08	0.13	0.29	0.034732	2.06	0.01	0.2	2.96
0.02	0	0.08	0.13	0.29	0.034047	2.05	0.01	0.2	2.94
0.02	0	0.08	0.13	0.29	0.033376	2.03	0.01	0.2	2.91

### 7.2.6 Koryto v místě přelivu zúžené na 0,30 m

Tab. 7.26 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody  $Q = 1 \text{ l/s}$

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0.001	0.21	0.23	0.23	0.24	0.005033	0.45	0	0.12	1.06
0.001	0.21	0.22	0.21	0.22	0.000273	0.1	0.01	0.62	0.26
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000274	0.1	0.01	0.62	0.26
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000276	0.1	0.01	0.62	0.26
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000277	0.1	0.01	0.62	0.26
0.001	0.21	0.22		0.22	0.00028	0.1	0.01	0.62	0.26
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000281	0.1	0.01	0.62	0.26
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000283	0.1	0.01	0.62	0.26
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000287	0.1	0.01	0.62	0.26
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000288	0.1	0.01	0.62	0.26
0.001	0.21	0.22		0.22	0.00029	0.1	0.01	0.62	0.26
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000291	0.1	0.01	0.62	0.26
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000285	0.1	0.01	0.63	0.26
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000605	0.14	0.01	0.48	0.38
0.001	0.21	0.22		0.22	0.00061	0.14	0.01	0.48	0.38
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000617	0.15	0.01	0.48	0.38
0.001	0.21	0.22	0.22	0.22	0.004206	0.3	0	0.3	0.93
0.001	0.21	0.22	0.22	0.22	0.005563	0.33	0	0.3	1.06
0.001	0.21	0.21	0.21	0.22	0.003684	0.22	0	0.62	0.84
0.001	0	0.01	0.03	0.2	0.31529	1.94	0	0.07	7.39
0.001	0	0.01	0.03	0.16	0.225799	1.73	0	0.08	6.32
0.001	0	0.01	0.03	0.13	0.166884	1.57	0	0.08	5.48
0.001	0	0.01	0.03	0.11	0.126469	1.43	0	0.08	4.81
0.001	0	0.01	0.03	0.1	0.09779	1.31	0	0.08	4.26
0.001	0	0.01	0.03	0.09	0.082367	1.23	0	0.08	3.93
0.001	0	0.01	0.03	0.08	0.069996	1.17	0	0.08	3.64
0.001	0	0.01	0.03	0.08	0.05995	1.11	0	0.08	3.38
0.001	0	0.01	0.03	0.07	0.051699	1.05	0	0.08	3.15
0.001	0	0.01	0.03	0.06	0.044855	1	0	0.08	2.95
0.001	0	0.01	0.03	0.06	0.038805	0.95	0	0.09	2.75

Tab. 7.27 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 5 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0.005	0.21	0.27	0.27	0.29	0.004284	0.68	0.01	0.16	1
0.005	0.21	0.25	0.22	0.25	0.000222	0.17	0.03	0.62	0.26
0.005	0.21	0.25		0.25	0.000223	0.17	0.03	0.62	0.26
0.005	0.21	0.25		0.25	0.000223	0.18	0.03	0.62	0.26
0.005	0.21	0.25		0.25	0.000223	0.18	0.03	0.62	0.26
0.005	0.21	0.25		0.25	0.000225	0.18	0.03	0.62	0.26
0.005	0.21	0.25		0.25	0.000225	0.18	0.03	0.62	0.26
0.005	0.21	0.25		0.25	0.000225	0.18	0.03	0.62	0.26
0.005	0.21	0.25		0.25	0.000225	0.18	0.03	0.62	0.26
0.005	0.21	0.25		0.25	0.000227	0.18	0.03	0.62	0.26
0.005	0.21	0.25		0.25	0.000226	0.18	0.03	0.62	0.26
0.005	0.21	0.25		0.25	0.000226	0.18	0.03	0.62	0.26
0.005	0.21	0.25		0.25	0.000224	0.18	0.03	0.63	0.26
0.005	0.21	0.25		0.25	0.000216	0.17	0.03	0.63	0.26
0.005	0.21	0.25		0.25	0.000408	0.23	0.02	0.53	0.36
0.005	0.21	0.25		0.25	0.000409	0.23	0.02	0.53	0.36
0.005	0.21	0.25		0.25	0.00041	0.23	0.02	0.53	0.36
0.005	0.21	0.24	0.24	0.25	0.003015	0.5	0.01	0.3	0.87
0.005	0.21	0.24	0.24	0.25	0.004284	0.56	0.01	0.3	1.03
0.005	0.21	0.22	0.22	0.25	0.03211	0.81	0.01	0.62	2.6
0.005	0	0.03	0.06	0.23	0.083164	1.99	0	0.11	4.26
0.005	0	0.03	0.06	0.22	0.076499	1.93	0	0.11	4.09
0.005	0	0.03	0.06	0.21	0.070501	1.87	0	0.12	3.93
0.005	0	0.03	0.06	0.2	0.065087	1.82	0	0.12	3.78
0.005	0	0.03	0.06	0.19	0.060186	1.77	0	0.12	3.64
0.005	0	0.03	0.06	0.19	0.057442	1.74	0	0.12	3.56
0.005	0	0.03	0.06	0.18	0.054724	1.71	0	0.12	3.48
0.005	0	0.03	0.06	0.18	0.05205	1.68	0	0.12	3.4
0.005	0	0.03	0.06	0.17	0.049433	1.65	0	0.12	3.32
0.005	0	0.03	0.06	0.17	0.046887	1.62	0	0.12	3.23
0.005	0	0.03	0.06	0.16	0.044423	1.58	0	0.12	3.15

Tab. 7.28 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 10 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0.01	0.21	0.3	0.3	0.33	0.004609	0.83	0.01	0.17	1
0.01	0.21	0.28	0.24	0.28	0.000215	0.22	0.05	0.62	0.26
0.01	0.21	0.28		0.28	0.000215	0.22	0.05	0.62	0.26
0.01	0.21	0.28		0.28	0.000215	0.22	0.05	0.62	0.26
0.01	0.21	0.28		0.28	0.000215	0.22	0.05	0.62	0.26
0.01	0.21	0.28		0.28	0.000216	0.22	0.04	0.62	0.26
0.01	0.21	0.28		0.28	0.000216	0.22	0.04	0.62	0.26
0.01	0.21	0.28		0.28	0.000216	0.22	0.04	0.62	0.26
0.01	0.21	0.28		0.28	0.000217	0.22	0.04	0.62	0.26
0.01	0.21	0.28		0.28	0.000217	0.22	0.04	0.62	0.26
0.01	0.21	0.28		0.28	0.000216	0.22	0.04	0.62	0.26
0.01	0.21	0.28		0.28	0.000213	0.22	0.05	0.63	0.26
0.01	0.21	0.28		0.28	0.000207	0.22	0.05	0.63	0.26
0.01	0.21	0.28		0.28	0.000346	0.27	0.04	0.58	0.35
0.01	0.21	0.28		0.28	0.000346	0.27	0.04	0.58	0.35
0.01	0.21	0.28		0.28	0.000347	0.27	0.04	0.58	0.35
0.01	0.21	0.25	0.25	0.28	0.003881	0.69	0.01	0.3	1
0.01	0.21	0.25	0.25	0.28	0.003925	0.69	0.01	0.3	1
0.01	0.21	0.22	0.24	0.27	0.027901	1.02	0.01	0.62	2.59
0.01	0	0.05	0.09	0.26	0.053291	2.03	0	0.15	3.53
0.01	0	0.05	0.09	0.25	0.051284	2	0	0.15	3.47
0.01	0	0.05	0.09	0.25	0.049331	1.97	0.01	0.15	3.41
0.01	0	0.05	0.09	0.24	0.047434	1.94	0.01	0.15	3.34
0.01	0	0.05	0.09	0.24	0.045592	1.92	0.01	0.15	3.28
0.01	0	0.05	0.09	0.23	0.043808	1.89	0.01	0.15	3.22
0.01	0	0.05	0.09	0.23	0.042601	1.87	0.01	0.15	3.17
0.01	0	0.05	0.09	0.23	0.041429	1.85	0.01	0.15	3.13
0.01	0	0.05	0.09	0.22	0.04029	1.83	0.01	0.15	3.09
0.01	0	0.05	0.09	0.22	0.039182	1.81	0.01	0.15	3.05
0.01	0	0.05	0.09	0.22	0.038107	1.79	0.01	0.15	3.01

Tab. 7.29 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 15 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0.015	0.21	0.32	0.32	0.36	0.004976	0.94	0.02	0.18	1
0.015	0.21	0.3	0.25	0.3	0.000212	0.25	0.06	0.62	0.26
0.015	0.21	0.3		0.3	0.000212	0.25	0.06	0.62	0.26
0.015	0.21	0.3		0.3	0.000213	0.25	0.06	0.62	0.26
0.015	0.21	0.3		0.3	0.000213	0.25	0.06	0.62	0.26
0.015	0.21	0.3		0.3	0.000214	0.25	0.06	0.62	0.26
0.015	0.21	0.3		0.3	0.000213	0.25	0.06	0.62	0.26
0.015	0.21	0.3		0.3	0.000213	0.25	0.06	0.62	0.26
0.015	0.21	0.3		0.3	0.000214	0.26	0.06	0.62	0.27
0.015	0.21	0.3		0.3	0.000213	0.25	0.06	0.62	0.26
0.015	0.21	0.3		0.3	0.000211	0.25	0.06	0.63	0.26
0.015	0.21	0.3		0.3	0.000208	0.25	0.06	0.63	0.26
0.015	0.21	0.3		0.3	0.000204	0.25	0.06	0.63	0.26
0.015	0.21	0.3		0.3	0.000308	0.3	0.05	0.6	0.34
0.015	0.21	0.3		0.3	0.000308	0.3	0.05	0.6	0.34
0.015	0.21	0.3		0.3	0.000308	0.3	0.05	0.6	0.34
0.015	0.21	0.27	0.27	0.3	0.003909	0.79	0.02	0.3	1
0.015	0.21	0.27	0.27	0.3	0.003924	0.79	0.02	0.3	1
0.015	0.21	0.23	0.25	0.3	0.026689	1.18	0.01	0.62	2.62
0.015	0	0.06	0.11	0.28	0.042736	2.07	0.01	0.17	3.23
0.015	0	0.06	0.11	0.28	0.041759	2.06	0.01	0.17	3.2
0.015	0	0.06	0.11	0.27	0.040807	2.04	0.01	0.17	3.16
0.015	0	0.06	0.11	0.27	0.039878	2.02	0.01	0.17	3.13
0.015	0	0.06	0.11	0.27	0.038971	2	0.01	0.18	3.09
0.015	0	0.06	0.11	0.26	0.038085	1.99	0.01	0.18	3.06
0.015	0	0.06	0.11	0.26	0.037221	1.97	0.01	0.18	3.03
0.015	0	0.06	0.11	0.26	0.036377	1.95	0.01	0.18	2.99
0.015	0	0.07	0.11	0.26	0.035554	1.93	0.01	0.18	2.96
0.015	0	0.07	0.11	0.25	0.034749	1.92	0.01	0.18	2.93
0.015	0	0.07	0.11	0.25	0.033964	1.9	0.01	0.18	2.9



Tab. 7.30 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 20 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
0.02	0.21	0.34	0.34	0.39	0.005297	1.03	0.02	0.18	1.01
0.02	0.21	0.32	0.25	0.33	0.000212	0.28	0.07	0.62	0.26
0.02	0.21	0.32		0.33	0.000213	0.28	0.07	0.62	0.26
0.02	0.21	0.32		0.33	0.000213	0.28	0.07	0.62	0.26
0.02	0.21	0.32		0.33	0.000213	0.28	0.07	0.62	0.26
0.02	0.21	0.32		0.33	0.000214	0.28	0.07	0.62	0.26
0.02	0.21	0.32		0.32	0.000213	0.28	0.07	0.62	0.26
0.02	0.21	0.32		0.32	0.000213	0.28	0.07	0.62	0.26
0.02	0.21	0.32		0.32	0.000214	0.28	0.07	0.62	0.27
0.02	0.21	0.32		0.32	0.000213	0.28	0.07	0.63	0.26
0.02	0.21	0.32		0.32	0.00021	0.28	0.07	0.63	0.26
0.02	0.21	0.32		0.32	0.000207	0.28	0.07	0.63	0.26
0.02	0.21	0.32		0.32	0.000203	0.28	0.07	0.63	0.26
0.02	0.21	0.32		0.32	0.000287	0.32	0.06	0.62	0.33
0.02	0.21	0.32		0.32	0.000287	0.32	0.06	0.62	0.33
0.02	0.21	0.32		0.32	0.000287	0.32	0.06	0.62	0.33
0.02	0.21	0.28	0.28	0.32	0.003962	0.86	0.02	0.3	0.99
0.02	0.21	0.28	0.28	0.32	0.004036	0.87	0.02	0.3	1
0.02	0.21	0.23	0.25	0.32	0.024963	1.29	0.02	0.62	2.59
0.02	0	0.07	0.13	0.3	0.036824	2.11	0.01	0.19	3.05
0.02	0	0.07	0.13	0.3	0.036093	2.09	0.01	0.2	3.02
0.02	0	0.08	0.13	0.29	0.03538	2.08	0.01	0.2	2.99
0.02	0	0.08	0.13	0.29	0.034681	2.06	0.01	0.2	2.96
0.02	0	0.08	0.13	0.29	0.033997	2.04	0.01	0.2	2.93
0.02	0	0.08	0.13	0.29	0.033328	2.03	0.01	0.2	2.91
0.02	0	0.08	0.13	0.28	0.032672	2.01	0.01	0.2	2.88
0.02	0	0.08	0.13	0.28	0.03203	2	0.01	0.2	2.85
0.02	0	0.08	0.13	0.28	0.031401	1.98	0.01	0.2	2.82
0.02	0	0.08	0.13	0.28	0.030786	1.97	0.01	0.2	2.8
0.02	0	0.08	0.13	0.27	0.030183	1.95	0.01	0.2	2.77

### 7.2.7 Koryto v místě přelivu je bez zúžení (0,63 m)

Tab. 7.31 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody  $Q = 1 \text{ l/s}$

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0.001	0.21	0.23	0.23	0.24	0.005033	0.45	0	0.12	1.06
0.001	0.21	0.22	0.21	0.22	0.00063	0.13	0.01	0.62	0.38
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000642	0.13	0.01	0.62	0.38
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000654	0.13	0.01	0.62	0.38
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000667	0.13	0.01	0.62	0.39
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000684	0.13	0.01	0.62	0.39
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000697	0.13	0.01	0.62	0.39
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000712	0.14	0.01	0.62	0.4
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000734	0.14	0.01	0.62	0.4
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000751	0.14	0.01	0.62	0.41
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000768	0.14	0.01	0.62	0.41
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000788	0.14	0.01	0.62	0.42
0.001	0.21	0.22		0.22	0.000792	0.14	0.01	0.63	0.42
0.001	0.21	0.22		0.22	0.002668	0.23	0	0.46	0.75
0.001	0.21	0.22	0.21	0.22	0.002946	0.23	0	0.46	0.78
0.001	0.21	0.21	0.21	0.22	0.006932	0.31	0	0.46	1.16
0.001	0.21	0.21	0.21	0.22	0.003075	0.21	0	0.63	0.77
0.001	0.21	0.21		0.22	0.003149	0.21	0	0.63	0.78
0.001	0.21	0.21	0.21	0.22	0.003684	0.22	0	0.62	0.84
0.001	0	0.01	0.03	0.2	0.31529	1.94	0	0.07	7.39
0.001	0	0.01	0.03	0.16	0.225799	1.73	0	0.08	6.32
0.001	0	0.01	0.03	0.13	0.166884	1.57	0	0.08	5.48
0.001	0	0.01	0.03	0.11	0.126469	1.43	0	0.08	4.81
0.001	0	0.01	0.03	0.1	0.09779	1.31	0	0.08	4.26
0.001	0	0.01	0.03	0.09	0.082367	1.23	0	0.08	3.93
0.001	0	0.01	0.03	0.08	0.069996	1.17	0	0.08	3.64
0.001	0	0.01	0.03	0.08	0.05995	1.11	0	0.08	3.38
0.001	0	0.01	0.03	0.07	0.051699	1.05	0	0.08	3.15
0.001	0	0.01	0.03	0.06	0.044855	1	0	0.08	2.95
0.001	0	0.01	0.03	0.06	0.038805	0.95	0	0.09	2.75

Tab. 7.32 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 5 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0.005	0.21	0.27	0.27	0.29	0.004284	0.68	0.01	0.16	1
0.005	0.21	0.24	0.22	0.24	0.000697	0.25	0.02	0.62	0.45
0.005	0.21	0.24		0.24	0.000703	0.25	0.02	0.62	0.45
0.005	0.21	0.24		0.24	0.000708	0.25	0.02	0.62	0.45
0.005	0.21	0.24		0.24	0.000714	0.25	0.02	0.62	0.45
0.005	0.21	0.24		0.24	0.000724	0.25	0.02	0.62	0.45
0.005	0.21	0.24		0.24	0.000729	0.25	0.02	0.62	0.45
0.005	0.21	0.24		0.24	0.000734	0.25	0.02	0.62	0.46
0.005	0.21	0.24		0.24	0.000747	0.26	0.02	0.62	0.46
0.005	0.21	0.24		0.24	0.000752	0.26	0.02	0.62	0.46
0.005	0.21	0.24		0.24	0.000756	0.26	0.02	0.62	0.46
0.005	0.21	0.24		0.24	0.000759	0.26	0.02	0.62	0.47
0.005	0.21	0.24		0.24	0.000733	0.25	0.02	0.63	0.46
0.005	0.21	0.23	0.23	0.24	0.003122	0.44	0.01	0.49	0.93
0.005	0.21	0.23	0.23	0.24	0.00327	0.45	0.01	0.49	0.95
0.005	0.21	0.23	0.23	0.24	0.003951	0.47	0.01	0.49	1.03
0.005	0.21	0.22	0.22	0.24	0.013821	0.62	0.01	0.63	1.77
0.005	0.21	0.22	0.22	0.24	0.013724	0.62	0.01	0.63	1.76
0.005	0.21	0.22	0.22	0.24	0.014295	0.63	0.01	0.62	1.8
0.005	0	0.03	0.06	0.22	0.077313	1.94	0	0.11	4.11
0.005	0	0.03	0.06	0.21	0.071236	1.88	0	0.11	3.95
0.005	0	0.03	0.06	0.2	0.065751	1.83	0	0.12	3.8
0.005	0	0.03	0.06	0.19	0.060788	1.78	0	0.12	3.66
0.005	0	0.03	0.06	0.19	0.05804	1.75	0	0.12	3.58
0.005	0	0.03	0.06	0.18	0.055314	1.72	0	0.12	3.5
0.005	0	0.03	0.06	0.18	0.052629	1.69	0	0.12	3.42
0.005	0	0.03	0.06	0.17	0.05	1.65	0	0.12	3.33
0.005	0	0.03	0.06	0.17	0.047437	1.62	0	0.12	3.25
0.005	0	0.03	0.06	0.16	0.044953	1.59	0	0.12	3.17
0.005	0	0.04	0.06	0.16	0.042554	1.56	0	0.12	3.09

Tab. 7.33 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 10 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
0.01	0.21	0.3	0.3	0.33	0.004609	0.83	0.01	0.17	1
0.01	0.21	0.22	0.24	0.32	0.08665	1.44	0.01	0.62	4.34
0.01	0.21	0.22	0.24	0.32	0.075897	1.38	0.01	0.62	4.09
0.01	0.21	0.22	0.24	0.31	0.066912	1.33	0.01	0.62	3.86
0.01	0.21	0.22	0.24	0.3	0.059439	1.28	0.01	0.62	3.66
0.01	0.21	0.22	0.24	0.3	0.052992	1.24	0.01	0.62	3.47
0.01	0.21	0.22	0.24	0.29	0.047568	1.2	0.01	0.62	3.3
0.01	0.21	0.22	0.24	0.29	0.04286	1.16	0.01	0.62	3.15
0.01	0.21	0.22	0.24	0.29	0.03865	1.13	0.01	0.62	3
0.01	0.21	0.22	0.24	0.28	0.037323	1.12	0.01	0.62	2.96
0.01	0.21	0.22	0.24	0.28	0.036066	1.1	0.01	0.62	2.91
0.01	0.21	0.22	0.24	0.28	0.034848	1.09	0.01	0.62	2.87
0.01	0.21	0.22	0.24	0.28	0.034061	1.08	0.01	0.63	2.85
0.01	0.21	0.23	0.24	0.28	0.018651	1	0.01	0.49	2.23
0.01	0.21	0.23	0.24	0.28	0.018651	1	0.01	0.49	2.23
0.01	0.21	0.23	0.24	0.28	0.018651	1	0.01	0.49	2.23
0.01	0.21	0.24	0.24	0.25	0.002229	0.46	0.02	0.63	0.8
0.01	0.21	0.24		0.25	0.002238	0.46	0.02	0.63	0.8
0.01	0.21	0.24	0.24	0.25	0.002625	0.49	0.02	0.62	0.87
0.01	0	0.05	0.09	0.23	0.044788	1.9	0.01	0.15	3.25
0.01	0	0.05	0.09	0.23	0.043552	1.88	0.01	0.15	3.21
0.01	0	0.05	0.09	0.23	0.042353	1.86	0.01	0.15	3.17
0.01	0	0.05	0.09	0.22	0.041188	1.85	0.01	0.15	3.12
0.01	0	0.05	0.09	0.22	0.040055	1.83	0.01	0.15	3.08
0.01	0	0.05	0.09	0.22	0.038955	1.81	0.01	0.15	3.04
0.01	0	0.05	0.09	0.22	0.037885	1.79	0.01	0.15	3
0.01	0	0.05	0.09	0.21	0.036846	1.77	0.01	0.16	2.96
0.01	0	0.05	0.09	0.21	0.035836	1.75	0.01	0.16	2.92
0.01	0	0.05	0.09	0.21	0.034854	1.73	0.01	0.16	2.88
0.01	0	0.05	0.09	0.2	0.0339	1.72	0.01	0.16	2.85

Tab. 7.34 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 15 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
0.015	0.21	0.32	0.32	0.36	0.004976	0.94	0.02	0.18	1
0.015	0.21	0.22	0.25	0.35	0.075665	1.62	0.01	0.62	4.22
0.015	0.21	0.22	0.25	0.35	0.069343	1.58	0.01	0.62	4.06
0.015	0.21	0.22	0.25	0.34	0.063743	1.54	0.01	0.62	3.91
0.015	0.21	0.22	0.25	0.34	0.058836	1.5	0.01	0.62	3.76
0.015	0.21	0.22	0.25	0.33	0.054358	1.46	0.01	0.62	3.63
0.015	0.21	0.22	0.25	0.33	0.050455	1.43	0.01	0.62	3.51
0.015	0.21	0.22	0.25	0.32	0.046916	1.4	0.01	0.62	3.39
0.015	0.21	0.22	0.25	0.32	0.043583	1.37	0.01	0.62	3.28
0.015	0.21	0.22	0.25	0.32	0.040507	1.34	0.01	0.62	3.17
0.015	0.21	0.22	0.25	0.31	0.037724	1.31	0.01	0.62	3.07
0.015	0.21	0.22	0.25	0.31	0.036914	1.3	0.01	0.62	3.05
0.015	0.21	0.22	0.24	0.31	0.035845	1.28	0.01	0.63	3.02
0.015	0.21	0.23	0.25	0.31	0.021106	1.21	0.01	0.5	2.43
0.015	0.21	0.23	0.25	0.31	0.020635	1.2	0.01	0.5	2.41
0.015	0.21	0.23	0.25	0.31	0.020635	1.2	0.01	0.5	2.41
0.015	0.21	0.22	0.24	0.31	0.034893	1.27	0.01	0.63	2.96
0.015	0.21	0.22	0.24	0.31	0.034708	1.27	0.01	0.63	2.95
0.015	0.21	0.23	0.25	0.31	0.033747	1.26	0.01	0.62	2.92
0.015	0	0.06	0.11	0.29	0.045638	2.12	0.01	0.17	3.34
0.015	0	0.06	0.11	0.29	0.044592	2.11	0.01	0.17	3.3
0.015	0	0.06	0.11	0.28	0.043572	2.09	0.01	0.17	3.26
0.015	0	0.06	0.11	0.28	0.042577	2.07	0.01	0.17	3.23
0.015	0	0.06	0.11	0.28	0.041606	2.05	0.01	0.17	3.19
0.015	0	0.06	0.11	0.27	0.040658	2.03	0.01	0.17	3.16
0.015	0	0.06	0.11	0.27	0.039732	2.02	0.01	0.17	3.12
0.015	0	0.06	0.11	0.27	0.038829	2	0.01	0.18	3.09
0.015	0	0.06	0.11	0.26	0.037947	1.98	0.01	0.18	3.05
0.015	0	0.06	0.11	0.26	0.037086	1.97	0.01	0.18	3.02
0.015	0	0.06	0.11	0.26	0.036245	1.95	0.01	0.18	2.99

Tab. 7.35 Průtočné charakteristiky modelu LPŠ při přítoku odpadní vody Q = 20 l/s

Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude Chl
(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
0.02	0.21	0.34	0.34	0.39	0.005297	1.03	0.02	0.18	1.01
0.02	0.21	0.22	0.25	0.38	0.068203	1.75	0.01	0.62	4.12
0.02	0.21	0.22	0.25	0.38	0.064011	1.72	0.01	0.62	4
0.02	0.21	0.23	0.25	0.37	0.060181	1.69	0.01	0.62	3.89
0.02	0.21	0.23	0.25	0.37	0.056729	1.66	0.01	0.62	3.79
0.02	0.21	0.23	0.25	0.36	0.053465	1.63	0.01	0.62	3.69
0.02	0.21	0.23	0.25	0.36	0.050577	1.6	0.01	0.62	3.59
0.02	0.21	0.23	0.25	0.35	0.047887	1.57	0.01	0.62	3.5
0.02	0.21	0.23	0.25	0.35	0.04526	1.55	0.01	0.62	3.42
0.02	0.21	0.23	0.25	0.35	0.042789	1.52	0.01	0.62	3.33
0.02	0.21	0.23	0.25	0.34	0.040372	1.49	0.01	0.62	3.24
0.02	0.21	0.23	0.25	0.34	0.038021	1.47	0.01	0.62	3.16
0.02	0.21	0.23	0.25	0.33	0.036797	1.45	0.01	0.63	3.12
0.02	0.21	0.24	0.26	0.33	0.022657	1.37	0.01	0.5	2.57
0.02	0.21	0.24	0.26	0.33	0.022657	1.37	0.01	0.5	2.57
0.02	0.21	0.24	0.26	0.33	0.022657	1.37	0.01	0.5	2.57
0.02	0.21	0.23	0.25	0.33	0.034966	1.42	0.01	0.63	3.03
0.02	0.21	0.23	0.25	0.33	0.034966	1.42	0.01	0.63	3.03
0.02	0.21	0.23	0.25	0.33	0.034075	1.42	0.01	0.62	2.99
0.02	0	0.07	0.13	0.32	0.040657	2.19	0.01	0.19	3.2
0.02	0	0.07	0.13	0.31	0.039845	2.17	0.01	0.19	3.16
0.02	0	0.07	0.13	0.31	0.039053	2.15	0.01	0.19	3.13
0.02	0	0.07	0.13	0.31	0.038277	2.14	0.01	0.19	3.1
0.02	0	0.07	0.13	0.3	0.037518	2.12	0.01	0.19	3.07
0.02	0	0.07	0.13	0.3	0.036775	2.11	0.01	0.2	3.05
0.02	0	0.07	0.13	0.3	0.036047	2.09	0.01	0.2	3.02
0.02	0	0.08	0.13	0.29	0.035334	2.07	0.01	0.2	2.99
0.02	0	0.08	0.13	0.29	0.034637	2.06	0.01	0.2	2.96
0.02	0	0.08	0.13	0.29	0.033954	2.04	0.01	0.2	2.93
0.02	0	0.08	0.13	0.29	0.033285	2.03	0.01	0.2	2.9

## 8 Závěr

Pakliže se ověří funkčnost regulátoru při vyšších průtocích, bude přistoupeno ke snížení hraničního průtoku (teoretických 2,95 l/s) na co možná nejnížší hodnoty – z důvodu prevence proti usazování výrazného podílu nerozpuštěných organických látek v usazovacím prostoru horizontálního lapáku písku. Testování bude provedeno na laboratorním modelu, ověřeno v provozních podmínkách na kořenové čistírně odpadních vod v Dražovicích. Zařízení v budoucnu zajistí:

- bezpečnější provádění odpadní vody horizontálním lapákem písku
- zachycení nižšího podílu organických látek v sedimentované směsi
- zachycení výrazně menších částic písku i při dešťových průtocích
- následnou eliminaci provozních problémů v usazovací nádrži
- eliminaci provozních problémů při vytěžování usazovací nádrže, resp. aplikaci vyčerpaného stabilizovaného kalu na biologické čistírny odpadních vod

Regulační prvek bude proveden tak, aby se přeliv umístěný na konci zařízení začal pohybovat směrem vzhůru při průtoku  $2,95 \text{ l.s}^{-1}$ , přesněji při výšce přelivního paprsku 9,0 cm musí být posun přelivu o 3,2 cm směrem vzhůru oproti výchozí hodnotě. Následuje plynulá regulace až po průtok cca  $11 \text{ l.s}^{-1}$ , při kterém je výška přelivu již 19,5 cm nad výchozí nulovou výškou. Při tomto průtoku bude potom výška přepadajícího paprsku na ostrohranném přelivu 13 cm.

Regulační prvek bude tedy zajišťovat regulaci průtočné plochy až do průtoku vody, který je téměř o 100% vyšší, než je navrhovaný maximální průtok dle typizované řady. Správné nastavení regulátoru zajistí všechny uvedené předpoklady – zejména zajistí ochranu dalších zařízení před zanášením hrubými plovoucími částmi. Podle teoretických výpočtů se na lapáku písku během vyšších průtoků zachytí při aplikaci regulátoru částice až do velikosti 0,10 mm oproti původním nedostatečně malým částicím o velikosti 0,35 mm. Aplikace regulátoru přispěje také k menšímu poškození čerpacích zařízení, což se přímo projeví na jejich opotřebení a tedy snížení provozních nákladů.

## 9 Aplikace

Po zdárném dokončení a vyzkoušení systému na regulaci průtočné plochy v usazovacím prostoru typizovaném lapáku písku v laboratorních podmínkách je v plánu další cíl, a sice instalace regulátoru a jeho kalibrace v reálných provozních podmínkách přímo na KČOV v Dražovicích, kde je v rámci mechanického předčištění zařazen typizovaný LPŠ480. Zachycená směs v akumulacním prostoru lapáku písku v současné době tvoří 22,8 % minerálních látek, vs. 78,2 % látek organických. Vysoký obsah organických látek je hlavní důvod řešení a aplikace regulátoru.



## 10 Zdroje informace

### 10.1 Použité zdroje

- [1] BRIX, H.: Plants used in constructed wetlands and their function. In: DIAS, V., VYMAZAL, J. (ed), *Proceedings of the 1st International Seminar on the Use of Aquatic Macrophytes for wastewater treatment in Constructed Wetlands*. Lisboa, Portugal, 2003, s. 81-110.
- [2] JANDORA, J.; UHMANNOVÁ, H., Proudění v systémech říčních koryt, FAST VUT v Brně, Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Institut of Water Structures, 2006
- [3] HLAVÍNEK, P.; MIČÍN, J.; PRAX, P.; MIFEK, R.; HLUŠTÍK, P., Stokování a čištění odpadních vod, VUT v Brně, FAST, Brno, 2006.
- [4] CHUDOBA, J., DOHÁNYOS, M., WANNER, J.: *Biologické čištění odpadních vod*, SNTL Nakladatelství technické literatury, Praha, 1991, 468s.
- [5] JANDORA, J., STARA, V., STARÝ, M.: *Hydraulika a hydrologie*. Brno: CERM, 2002. 186 s.
- [6] PITTER, P.: *Hydrochemie*, Praha: Vydavat. VŠCHT, 2009, 568s, ISBN 978-80-7080-701-9
- [7] ROZKOŠNÝ, M.: *Hodnocení účinnosti vegetačních kořenových čistíren a návrhy na zlepšení jejich funkce*. (Doktorská disertační práce), Brno: ÚVHK FAST VUT, 2008, 137 s. 12 sdružených doprovodných příloh.
- [8] ROZKOŠNÝ, M.: Zkušenosti ze sledování a provozu KČOV Dražovice u Vyškova. In: *Přírodní způsoby čištění odpadních vod IV*. Brno: Brno: CERM, 2005, s.49-54
- [9] ŠÁLEK, J.: *Přírodní způsoby čištění odpadních vod*. Brno: PC-DIR, VUT, 1995, 115 s.
- [10] ŠÁLEK, J.: *Navrhování a provozování vegetačních kořenových čistíren*, Praha: ÚZPI MZČR, 1999, č.2, 54 s.
- [11] ŠÁLEK, J., TLAPÁK, V.: *Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod*, Praha 2006, 283 s., ISBN 80-86769-74-7
- [12] ŠÁLEK, J., ŽÁKOVÁ, Z., HRNČÍŘ, P.: *Přírodní čištění a využívání vody* Brno: ERA, 115 s. ISBN 978-80-7366-125-0

- [13] VYMAZAL, J.: Čištění splaškových odpadních vod pomocí kořenových čistíren I, II. Vodní hospodářství č. 4, 1991, s. 177-182, č.5 s. 215-221.
- [14] STARÝ, M.; KRÁLOVÁ, H.; KAMENÍČKOVÁ, I., CS01 Vybrané statě z vodního hospodářství krajiny, 2007.

## **10.2 Internetové zdroje**

- [15] <http://cs.wikipedia.org>
- [16] [www.Ekozahrady.com](http://www.Ekozahrady.com) - Jaroslav Svoboda, 2006.
- [17] [www.Ekoreny.cz](http://www.Ekoreny.cz) - .Ing. Jaroslav Kršňák, Ing. Michal Šperling,
- [18] <http://projektysipvz.gytool.cz/ProjektySIPVZ/Default.aspx?uid=738> - Mgr. Dagmar Konečná, 2006.